

# **ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЛЕДНИКОВ**



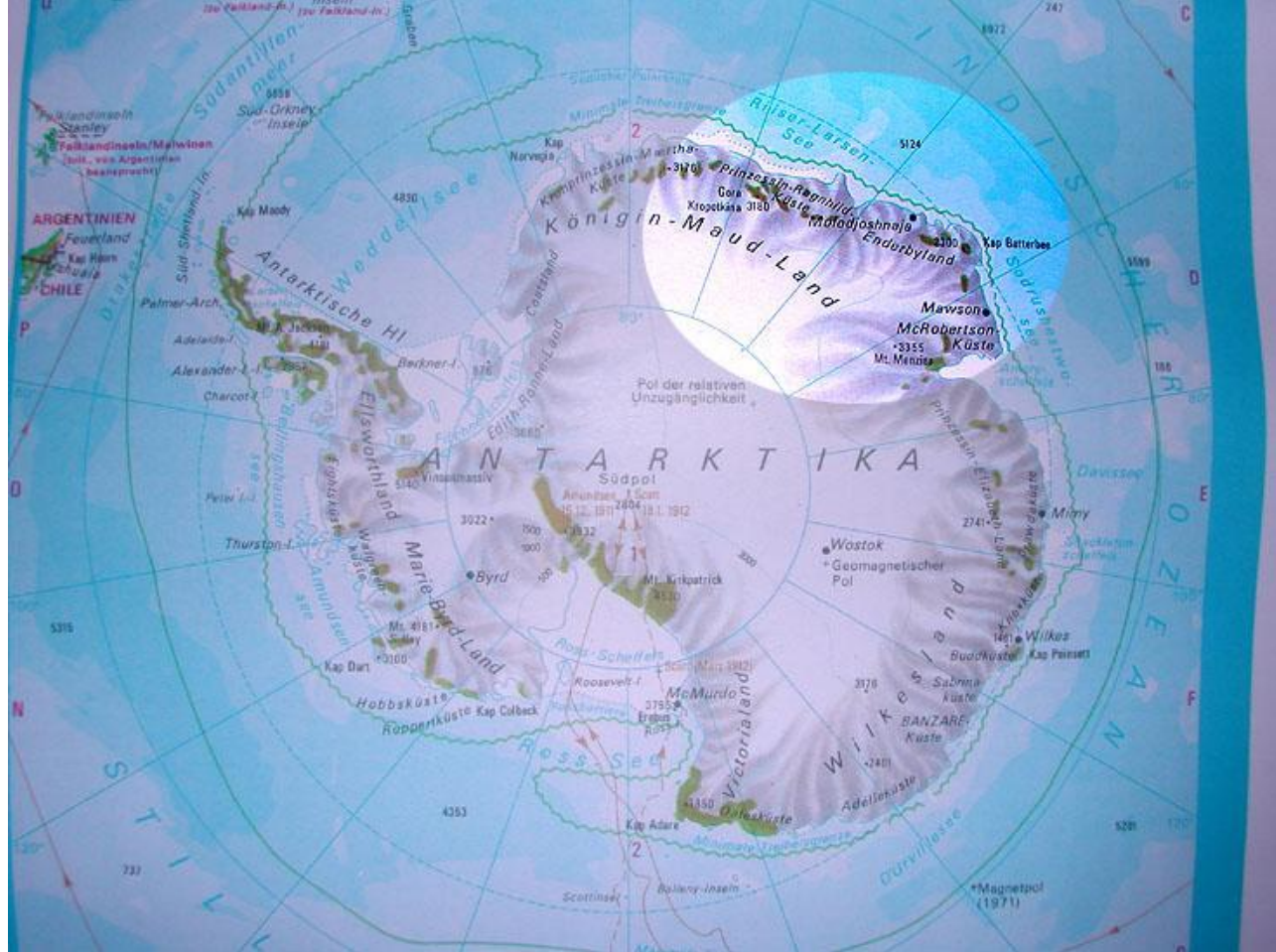
*Ледники* - массы кристаллического льда образовавшиеся на поверхности Земли в результате накопления и последующего преобразования твердых атмосферных осадков (снега).

Современные ледники покрывают площадь свыше 16 млн. км, или около 11% суши.

- Необходимые условия – сочетание низких температур воздуха с большим количеством твердых атмосферных осадков.
- Снег преобразуется в фирн, а затем в лед
- *Сублимация* (возгонка): испарение льда и новая кристаллизация водяного пара. При этом высвобождается тепло, способствующее сплавлению отдельных кристаллов.
- С течением времени фирн превращается в глетчерный лед.

- Выделяются **два основных типа** ледников:
- 1) материковые, или покровные;
- 2) горные;
- 3) промежуточные, или смешанные.

- **Антарктический ледник.**



Антарктида занимает площадь около 15 млн. км<sup>2</sup>, из них около 13,2 млн. км<sup>2</sup> покрыто льдом.

Ледяной покров образует плато высотой до 4000 м.

- Мощность ледяного покрова достигает 4000 м и более.
- Ледник распространяется и в море, образуя огромные массы *шельфового льда*, частично лежащего на шельфе, частично находящегося на плаву.
- Подледный рельеф сложный: хребты и обширные низменности, опущенные ниже уровня Мирового океана.





Шельфовый ледник занимает половину моря Росса и обрывается уступом, высота которого над морем около 60 м.





- Местами, где рельеф расчленен, ледниковый покров распадается на отдельные выводные потоки.
- От краев выводных и шельфовых ледников откалываются ледяные глыбы – *айсберги*.
- *айсберги* достигают 50-100 км<sup>2</sup>.







- Среди айсбергов иногда встречаются гиганты. Так, например, в 1956 году в южной части Тихого океана был обнаружен айсберг, длина которого равнялась 335 км, а ширина 97 км. Вблизи Гренландии плыл айсберг высотой в 167 м.





**Гренландский ледник.** Гренландия занимает более 2 млн. км<sup>2</sup>; около 80% покрыты материковым ледником. Максимальная мощность ледникового покрова около 3400 м, средняя - около 1500 м.





В гористых окраинах Гренландии наблюдаются долинные выводные ледники, некоторые из них, наиболее мощные, выходят в море на различные расстояния, находясь на плаву.



# Горные ледники





- Большое распространение имеют горные *ледники альпийского типа*.
- В верхней части гор выше снеговой границы располагаются области питания (фирновые бассейны). Они представлены циркообразными котловинами.
- Часто это расширенные водосборные бассейны, ранее выработанные водными потоками.
- Областями стока или разгрузки являются горные долины.

- Ледники **туркестанского типа**.
- Многие ледники Памира и Тянь-Шаня не имеют фирнового бассейна и питаются за счет лавин, сходящих со склонов долины.
- Из-за особенностей питания эти ледники несут очень много обломочного материала.

- Зарождаются ледники выше снеговой границы, где располагаются их области питания (**аккумуляции**).



При движении ледники выходят ниже снеговой границы в область *абляци*, где происходит постепенное уменьшение массы ледника (таяние, испарение и механическое разрушение).



- В зависимости от изменяющихся во времени соотношений аккумуляции и абляции происходит *осцилляция* (колебание) края ледника.
- В случае усиления питания край ледника продвигается вперед – ледник наступает, в случае преобладания абляции – отступает.
- При длительно сохраняющемся соотношении питания и абляции край ледника занимает стационарное положение.

# Горный долинный ледник

а - область питания;

б - область стока с боковыми моренами на поверхности льда





**Ледниковый язык с озером**



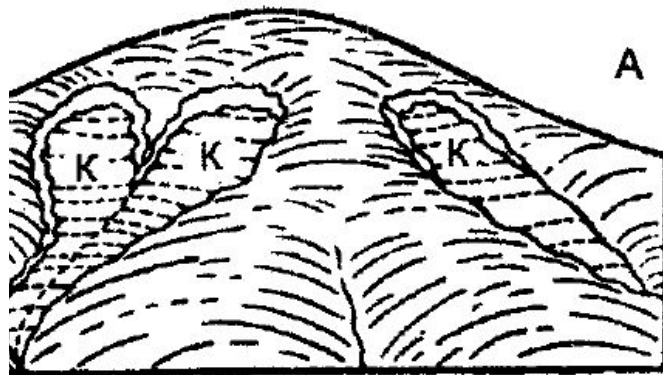
Встречаются *сложные ледники*, выходящие из различных областей питания, но образующие единый поток

- При обилии выпадающего снега область питания может образоваться в седловинах, на выровненных участках гор, или в результате слияния циркуобразных областей питания различных склонов.
- В этих условиях сток льда может происходить по долинам противоположных склонов хребта. Такие ледники называют *переметными*.
-

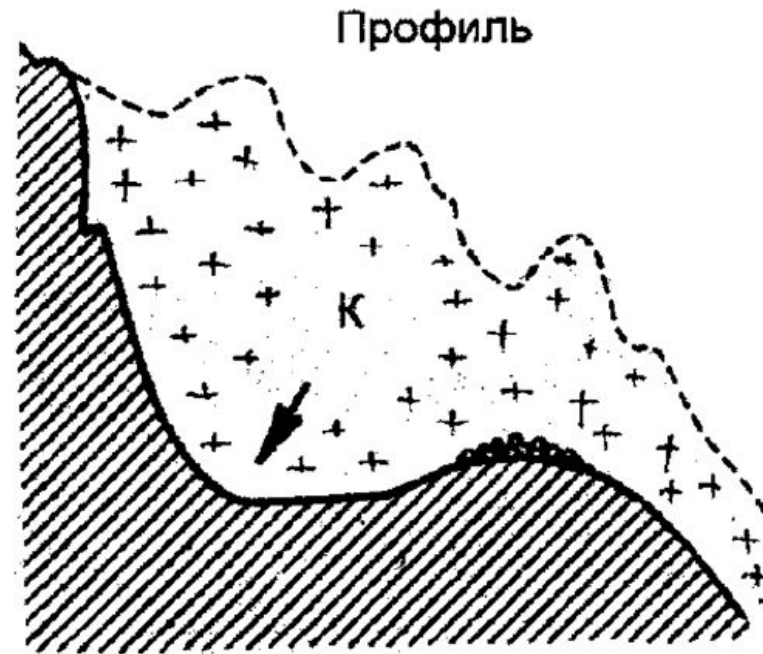




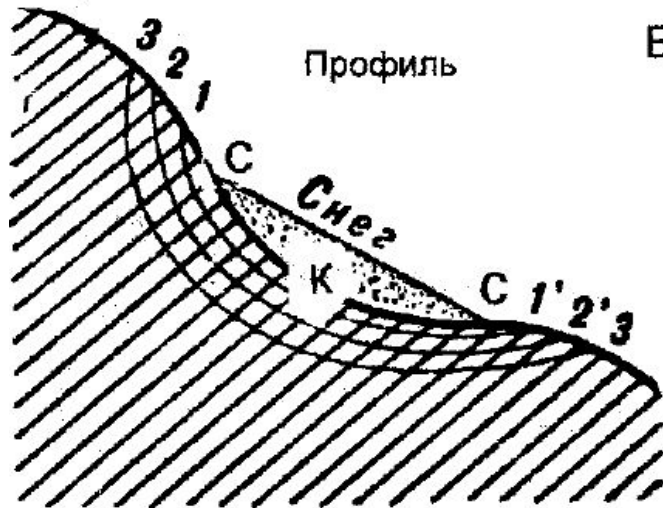
На склонах долин или выше ледниковых цирков наблюдаются кресловидные углубления, называемые *карами*, лед в них не имеет стока (или очень незначительный).



А



Профиль



Профиль

Б

Рис. 20 Продольный разрез ледникового кар (К) ( по В.А. Обручеву ).

Лед вытекает из кара и углубляет его вынос вмёрзший в лед каменный материал.





*Висячие ледники* расположены в относительно неглубоких западинах на крутых горных склонах.

# Промежуточный тип ледников

- Предгорные и плоскогорные ледники.
- *Предгорные ледники* получили название по расположению у подножья гор. Здесь сочетаются горные ледники в горах и покровные в предгорьях.



**Канадский Арктический архипелаг**

Образуются в результате слияния многочисленных горных ледников, выходящих на предгорную равнину и образующих крупный ледниковый шлейф

- Скандинавский или плоскогорный тип ледника.
- Ледники располагаются на выровненных слабо расчлененных водораздельных поверхностях горных сооружений.
- Сток льда осуществляется в долины.
- Здесь мы имеем единую область питания и разделенные каналы стока.

# ДВИЖЕНИЕ ЛЕДНИКОВ

- ***Пластическое или вязкопластическое течение*** льда возможно при значительной мощности льда и достаточной его чистоте.
- Периодически накапливаются горизонтальные напряжения, превышающие упругость льда, в результате возникают горизонтальные срывы, вдоль которых вышележащие массы льда проскальзывают по нижележащим.
- Такие срывы местами сопровождаются скачкообразным изменением скорости

- На контакте ледника с ложем возникают глыбовые скольжения.
- Такому скольжению способствует наличие обломочного материала в нижней части движущегося ледника, что увеличивает внутреннее трение льда и приводит к понижению его пластичности.
-

- Скорость движения ледников различна. Например, горные ледники Альп перемещаются со скоростью от 0,1-0,4 до 1,0 м/сут.
- Некоторые из них временами увеличивают скорость до 10 м/сут.
- Скорость выводных ледников Гренландии, спускающихся в фиорды, может достигать 25-30 м/сут, тогда как во внутренних районах, вдали от фиордов она составляет несколько миллиметров в сутки.



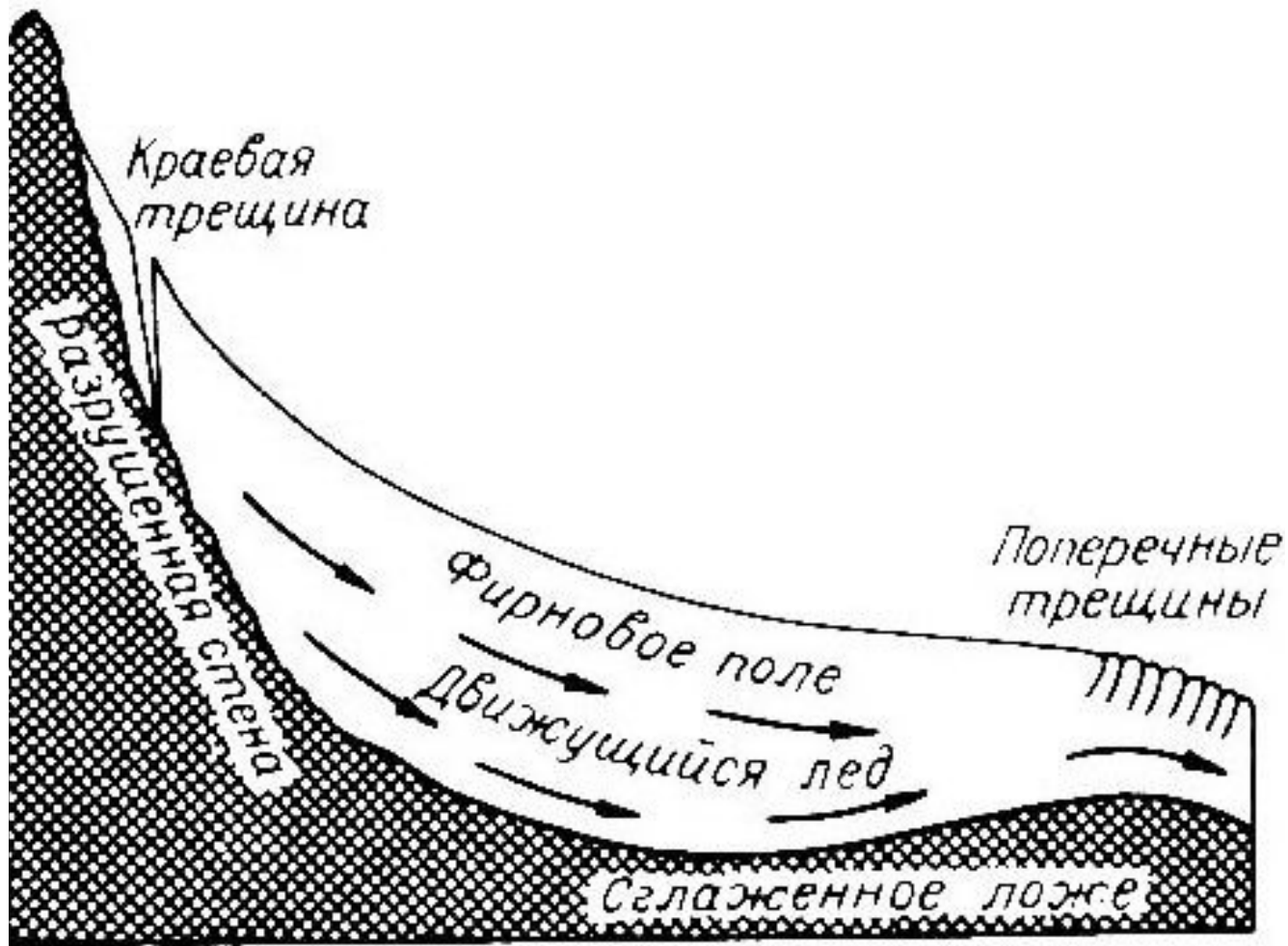
- Характерна неодинаковая скорость движения отдельных частей ледников.
- Скорость движения в бортовых и придонных частях уменьшается (в результате трения).
- Неравномерность движения ледника вызывает напряжения и возникновение диагональных трещин.

- а — огивы
- б — боковые трещины
- в — продольные трещины
- г — радиальные трещины
- д — поперечные трещины
- е — ледопад
- ж — термокарстовые воронки
- з — срединная морена



*Рис. 9. Элементы ледникового рельефа.*

Верхняя хрупкая часть ледника разбита многочисленными трещинами (уходящими иногда на значительную глубину) на глыбы различного размера и пассивно перемещается вместе с подстилающей частью льда.



Схематический разрез ледникового цирка (области питания) с краевой трещиной у вершины и поперечными трещинами над порогом цирка (при переходе в область стока)





# ЛЕДНИКОВОЕ РАЗРУШЕНИЕ И ОСАДКООБРАЗОВАНИЕ

- 1) разрушение горных пород подледного ложа с образованием различного по форме и размеру обломочного материала;
- 2) перенос обломков пород на поверхности и внутри ледников, а также вмерзших в придонные части льда или перемещаемых волочением по дну;
- 3) аккумуляция обломочного материала, имеющая место, как в процессе движения ледника, так и при его таянии.

- Весь комплекс указанных процессов можно наблюдать в горных ледниках.
- О геологической деятельности покровных ледников можно судить по четвертичным оледенениям, неоднократно покрывавшим обширные пространства Европы и Северной Америки за последние 800 тыс. лет.



- Разрушительная работа ледников называется *экзарацией* (от лат. "экзарацио» - выпаживание).

- Ледники с обломочным материалом, вмерзшим в придонные части льда, при движении по скальным породам оставляют на их поверхности различные штрихи, царапины, борозды.
- "бараньи лбы" и "курчавые скалы".
- В Скандинавии и прилежащих районах европейской части России развиты крупные пологосклонные понижения, образованные ледниковым выпахиванием, многие из которых заняты озерами.

- С деятельностью ледников связано образование *цирков* в вершинной части гор и специфических форм ледниковых долин-трогов (нем. "трог" - корыто), развивающихся в большинстве случаев по эрозионным горным долинам.

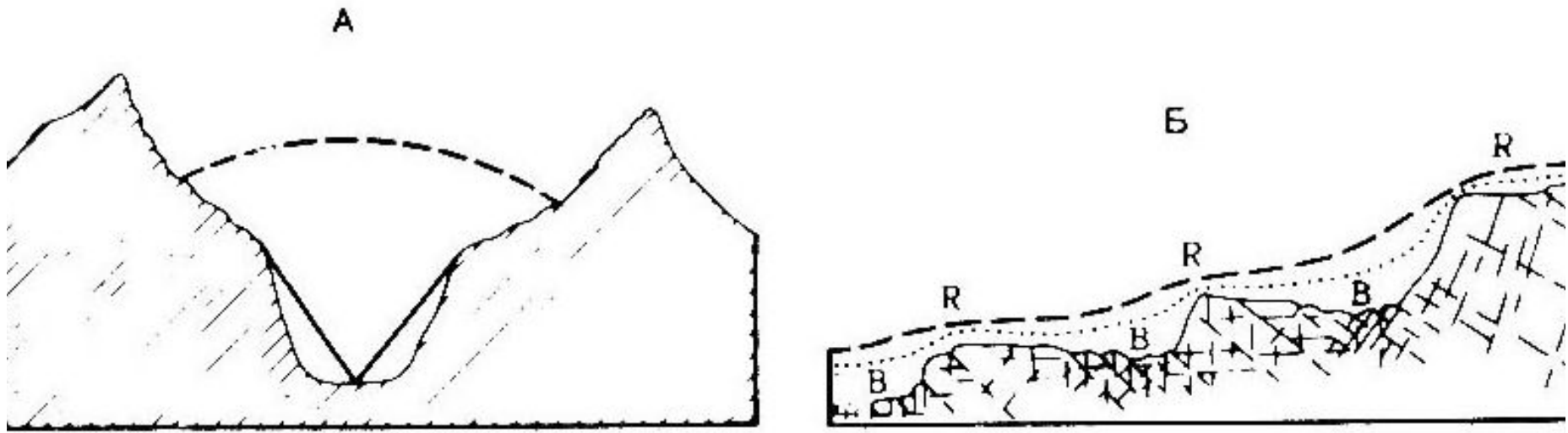


Схема троговой долины А - поверхность исчезнувшего льда; Б - продольный профиль части ледниковой долины; В - котловины ледникового выпахивания; R – ригели

Ледники, двигаясь по речным долинам, производят экзарацию их бортовых частей и ложа. Долина принимает U-образную форму с плоским дном.

Продольный профиль троговой долины обычно характеризуется значительной неровностью, наличием поперечных скальных выступов (*ригелей*) и ванн ледникового выпахивания.

# ПЕРЕНОС И АККУМУЛЯЦИЯ

- Весь разнородный обломочный материал – от тонких глинистых частиц до крупных валунов и глыб, как переносимый ледниками и своим движении, так и отложенный, называют *мореной* (гляциальными отложениями).
- Следовательно, существует два типа морен - *движущиеся*  
- *отложенные*.

*Они в свою очередь делятся на несколько разновидностей*



У горных ледников :

1) *поверхностные морены* - боковые, образующиеся за счет выветривания и гравитационных процессов со склонов гор (осыпей, оползней, обвалов), и срединные, возникающие в результате объединения боковых морен при слиянии ледников;





- 2) *внутренние морены*: могут образовываться как в областях питания, так и в результате проникновения обломочного материала по трещинам;
- 3) *донные морены*: образуются за счет эксарации и захвата продуктов выветривания.



Рис. 23 Морены в поперечном разрезе троговой долины

- **В материковых ледниках** главное значение имеют донные движущиеся морены и внутренние, возникающие в результате выдавливания обломочного материала по трещинам, образующимся при пересечении ледником возвышенностей рельефа.

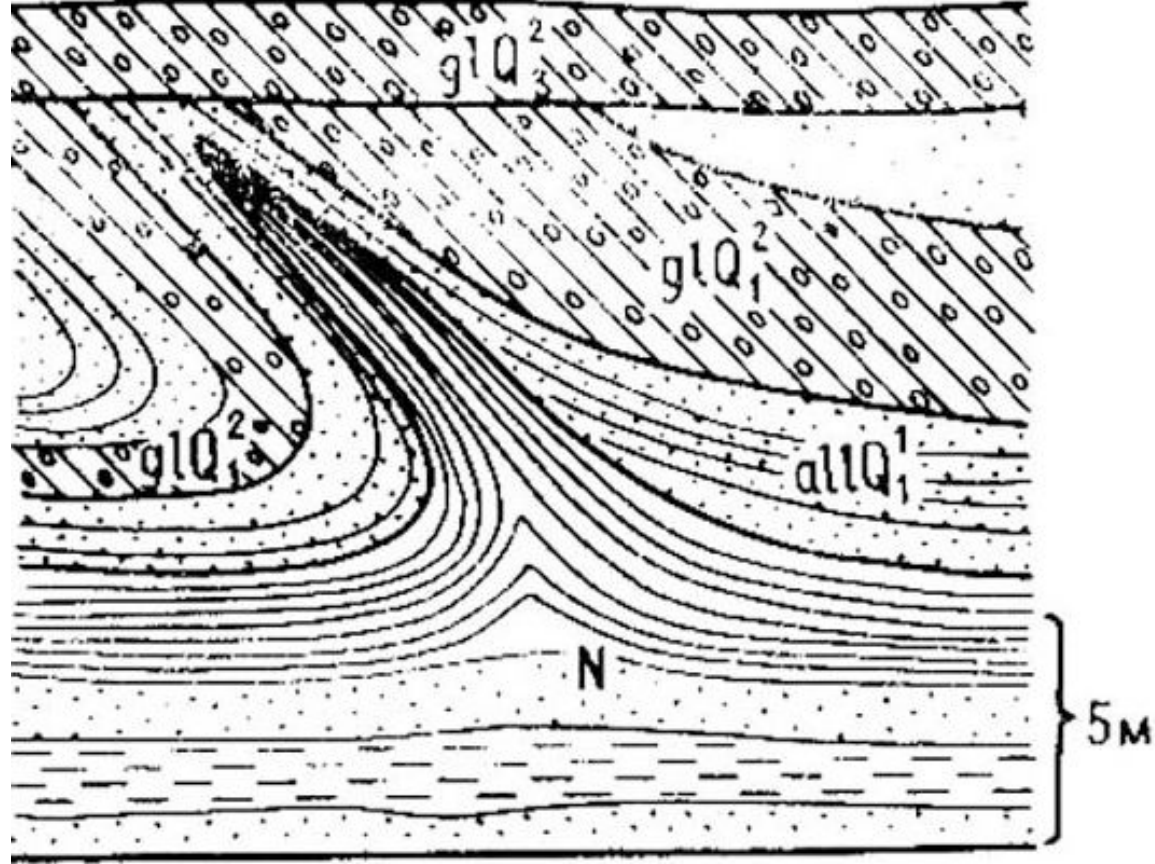
- **Отложенные морены.** выделяются три типа :
  - 1) основная (донная),
  - 2) абляционная,
  - 3) конечная (краевая).
- **Основные** морены – наиболее широко распространены.
- В центральных частях материковых оледенений преобладают экзарация и насыщение льда обломочным материалом. Лед движется от центра по радиальным направлениям в области абляции, где, помимо экзарации и переноса, создаются условия для подледной аккумуляции и образования основной морены.

образования основной (донной) и абляционной морен  
А - подледная аккумуляция основной морены во время движения ледника; Б - образование поверхностной морены при стаивании прекратившего движение ("мертвого") льда; В - образование абляционной морены поверх донной

Обломочный материал, насыщающий лед, постепенно отслаивается, образуя основную (донную) морену



- По основным моренам четвертичных отложений в европейской части России, можно видеть, что они сложены главным образом **неслоистыми валунными глинами, суглинками, иногда супесями.**
- Основная морена, образующаяся под толщей движущегося ледника, отличается монолитностью и плотностью отложенного материала.
- Местами чешуйчато-надвиговые блоки сложены не только валунными суглинками, но и затянутыми в морену подледными коренными породами, изогнутыми в складки и нарушенными разрывами.



Иногда при движении ледника происходит выдавливание подстилающих глинистых, супесчаных и других пород, образующих купола, деформированные в складки, называемые *диапировыми*. Все указанные деформации называются *гляциодислокациями*



- К этому же типу относятся и *отторженцы* глыб и валунов горных пород, перенесенных льдом на различные расстояния от их коренного залегания.
- Глыбы и валуны, перенесенные льдом на большие расстояния, называются *эратическими* (лат. "эрра-тикус" - блуждающий).

- С основными моренами четвертичных оледенений связаны различные формы рельефа.
- Широко развит холмисто-западинный моренный рельеф, где холмы различных очертаний и размеров разделяются западинными формами, местами сильно заболоченными или занятыми озерами. Встречаются и довольно обширные слабо волнистые моренные равнины.

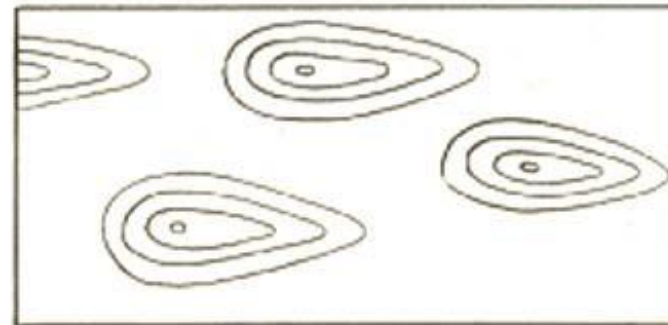
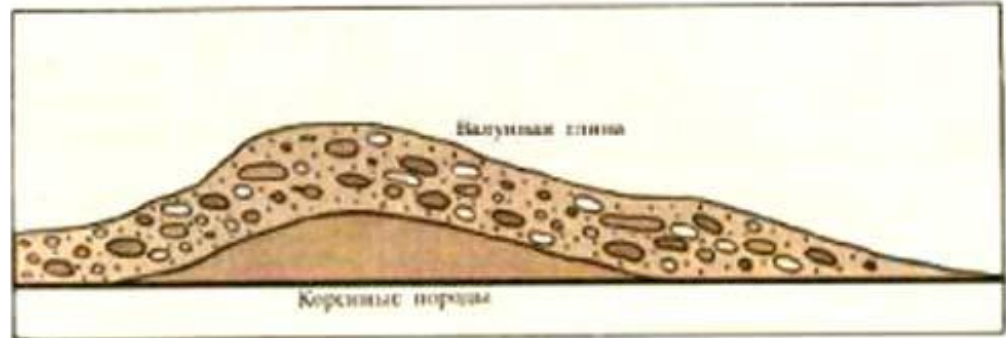
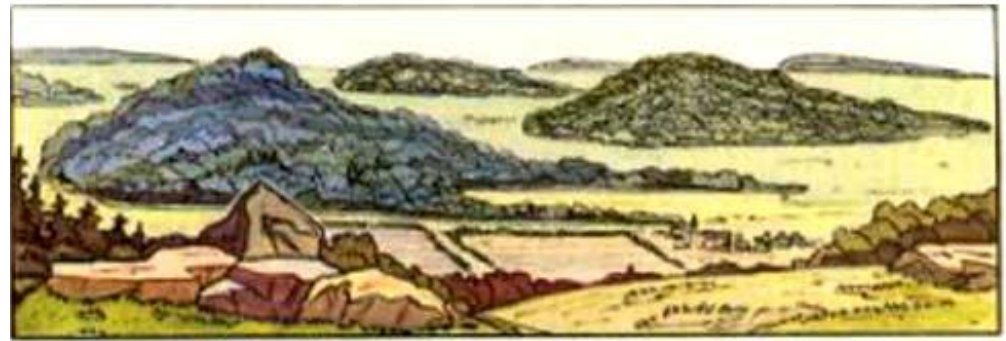
**друмлинные** поля (ирл.  
"друмлин" - холм)

длина друмлинов от сотен  
метров до 1-3 км, ширина  
100-200 м (иногда до 500  
м), высота 15-30 м.

- Иногда это сильно  
вытянутые формы, в  
других случаях -  
округлые.

- Часть друмлинов  
слагается целиком  
моренами, в других  
наблюдается ядро из  
коренных скальных  
пород.

- Это подподшиковые



**Друмлинный ландшафт**

- *Абляционная морена* обычно образуется ближе к периферической части ледника в стадии его деградации.
- При таянии ледника имеющийся внутри него и на поверхности обломочный материал осаждается, накладываясь на основную морену.
- Обычно это рыхлые осадки, в которых наблюдается увеличение песчаного и грубообломочного материала, что связано с перемыванием ледниковыми водами.

- *Конечные (краевые) морены.* При длительном стационарном положении края ледника наблюдается динамическое равновесие между поступающим льдом и его таянием.
- В этих условиях у края ледяного покрова будет накапливаться приносимый ледниками обломочный материал, формируя конечную, или краевую, морену.

- Сложное проявление различных процессов в краевой части ледника вызывает значительные неоднородности в строении и составе конечных морен.
- Особенно большой сложностью отличаются напорные морены, состоящие из чередующихся нарушенных ледниковых морен, водно-ледниковых отложений и коренных пород ледникового ложа.

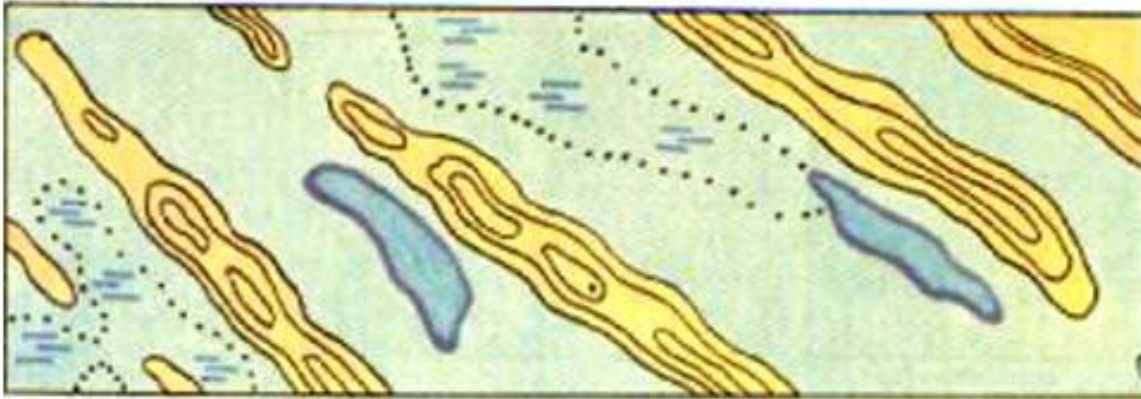


- Конечные морены в рельефе представляют слабо изогнутые валлообразные или грядообразные возвышенности, которые очертаниями в плане повторяют форму края ледника.
- Они достигают в длину десятков, а местами и сотен километров. Наличие нескольких гряд конечных морен, отчетливо выраженных в рельефе, соответствует длительным остановкам, сопровождающимся привносом обломочного материала к фронту ледника.

- Конечные морены горных ледников пересекают троговые долины и образуют валообразные перемычки, отражающие очертания края ледника.
- Иногда они имеют форму серповидных гряд, которые местами продолжаются вдоль склонов долины в виде менее заметных боковых морен.
- Местами конечные морены подпруживают сток рек, образуя озера

# ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

- Выделяют два типа флювиогляциальных отложений (лат. "флювиос" - река): **внутриледниковый** (интрагляциальный) и **приледниковый** (перигляциальный).
- *Внутриледниковые отложения* после таяния ледника образуют на поверхности специфические формы рельефа - озы, камы и камовые террасы.



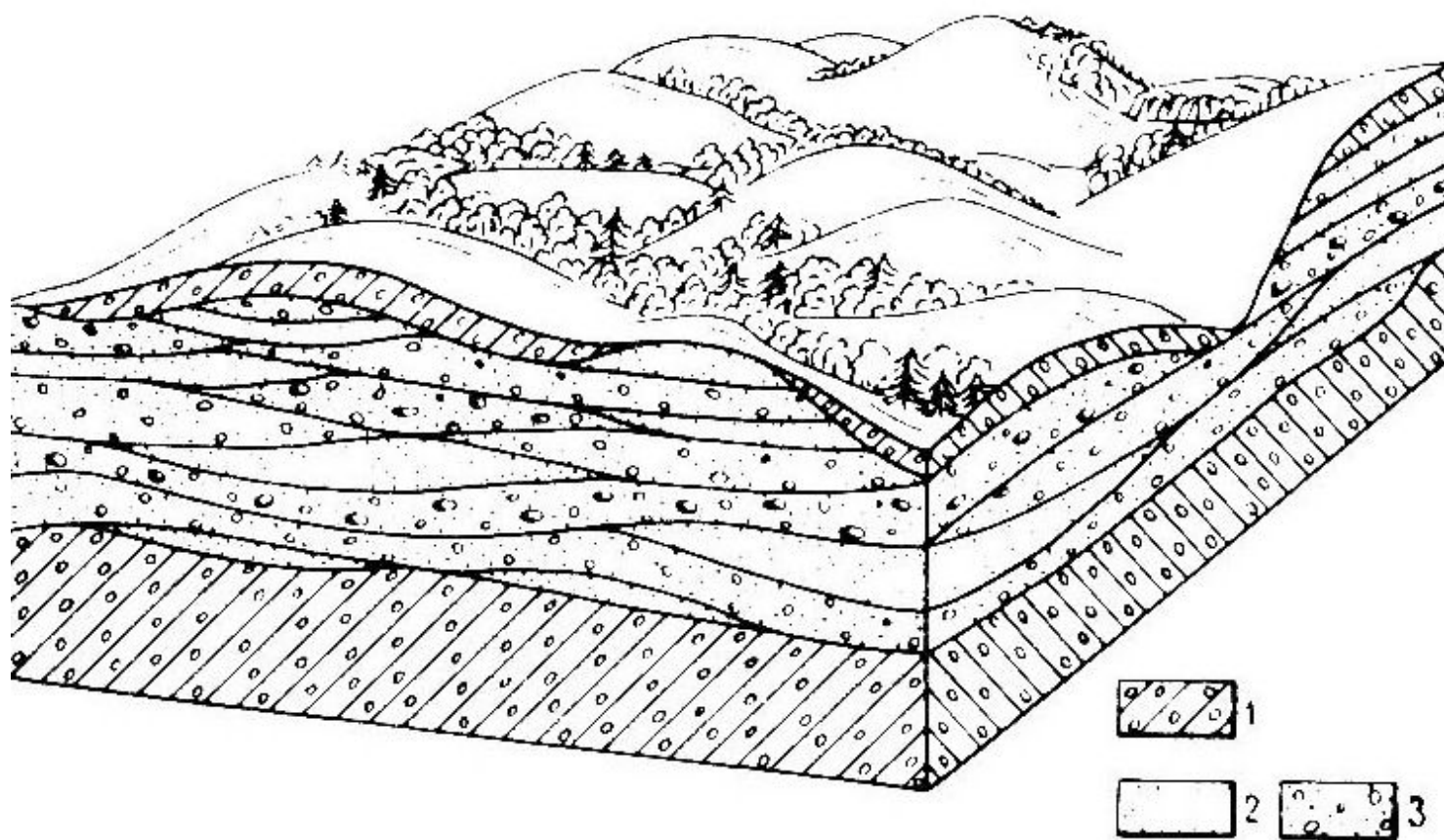
- **Озы** - валообразные гряды с крутыми склонами
- сложены хорошо промытыми слоистыми песчано-гравийно-галечными отложениями с включением валунов.
- Высота гряд от 10 до 30 м, иногда до 50 м и выше, а протяженность от сотен метров до десятков

- О происхождении озон существует две гипотезы.
- 1. *Дельтовая гипотеза*
- Отложение подледниковыми водными потоками при выходе из ледника обломочного материала в виде конусов выноса (дельт).
- При последовательном отступании ледника образовывались все новые и новые конусы, слияние которых могло образовать сплошную или прерывистую озонную грядку.

- *Русловая гипотеза*
- Происхождение извилистых озовых гряд связывается с движениями водных потоков в над- и внутриледниковых каналах (выработанных по крупным трещинам и расколам льда).
- При отступании и таянии ледника они спроектировались на различные элементы рельефа, нередко перекрывая озерные котловины, моренные холмы, выступы коренных пород.

- **Камы** (нем. "камм" - гребень).
- Крутосклонные холмы с выположенными вершинами.
- Камы образованы отсортированными отложениями - гравием, песками и супесями с горизонтальной и диагональной слоистостью в которых встречаются валуны и отдельные линзы морен, а местами ленточные глины.





Камы разделены понижениями, иногда в виде замкнутых котловин, которые бывают заболочены или заняты бессточными озерами

Высота камов от нескольких до 20 м и более.

Камовые холмы, имеют различные очертания (округлые, конусовидные и др.),

- Камы формировались в условиях недвижущегося льда, оторванного от областей питания.
- Ленточная слоистость свидетельствует о том, что камы образовались в застойных водах над- и внутриледниковых озер.
- На склонах западин иногда образовывались террасовидные уступы - камовые террасы, располагающиеся на различных уровнях, что связано с неравномерным таянием льда.

# ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ

- **Зандры и зандровые поля** образуются за грядами конечных морен и представляют собой отложения талых ледниковых вод
- Более грубые осадки откладываются обычно близ внешнего края конечных морен, далее на огромных площадях накапливаются более однородные пески, а в их краевых частях местами тонкозернистые пески и супеси.

- **Лимногляциальные** (озерноледниковые) отложения образовались в приледниковых озерных бассейнах.
- озера образовывались в результате подпруживания подледниковых потоков возвышенностями рельефа или грядами конечных морен, а также подпруживанию стока рек.
- Считается, что самым крупным на Северо-Американском континенте было озеро, возникшее в результате подпруживания стока реки Ред-Ривер и достигавшее при максимальном уровне 1100 км в длину и 400 км в ширину.

- В краевых частях приледниковых озер накапливаются песчаные осадки, а в удалении шире распространены осадки ленточного типа - пески, алевроиты и глины.
- Подсчет годовых лент в осадках дает возможность судить о возрасте отложений

- **Лёссы.** Для перигляциальных областей типично широкое развитие лёссов и лёссовидных суглинков
- Нередко образуют чехол на водоразделах и их склонах, а также на надпойменных речных террасах.
- Считаются, что массы воздуха, спускавшиеся с ледника, развеивали ледниковые, водно-ледниковые, речные и другие отложения, унося и откладывая тонкую пыль.
- Но есть и другие точки зрения. Пылеватый материал мог образовываться в условиях различных экзогенных процессов, а превращение его в лёсс происходит в