



ГИРОСФЕРА
ВОДЫ СУШИ

ТЕМА **3.** РЕКИ

«Реки — продукт климата»

А. И. Воейков

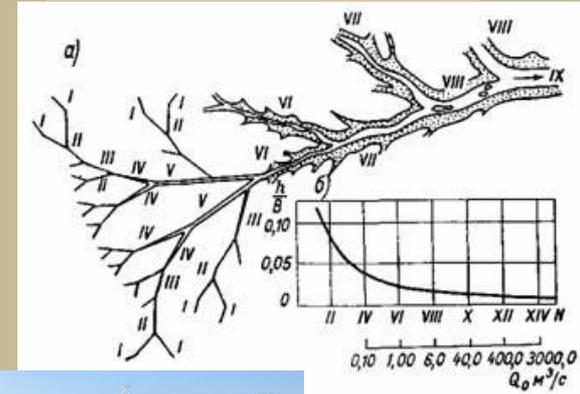
Определение понятий

- Река — это водоток сравнительно крупных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное сформированное самим потоком русло. К рекам обычно относят лишь водотоки с площадью бассейна не менее 50 км². Водотоки меньшего размера называют ручьями.

Реками НЕ считают:

- * пересыхающие большую часть года (сухие долины в пустынях — *вади*, *крики*)
- водотоки, которые не имеют водосбора (как, например, русла, сформированные течениями во время приливов или сгонно-нагонных явлений в приморских районах или на островах).
- крупные водотоки (проливы), соединяющие лагуны с морем.
- водотоки с искусственным руслом (*каналы*).

Дельта р. Колорадо теперь не доносит свои воды до Мексиканского залива



Статистические данные

- Наибольшую среди всех рек площадь бассейна имеет *Амазонка*, наибольшую длину— *Нил*; Амазонка также самая водоносная река мира (на ее долю приходится 16,6 % стока всех рек).
- На территории России, по данным РосНИИВХа, более 2,5 млн рек. Из них почти 95 % имеют длину менее 25 км. 2833 рек (0,1 % всех рек) имеют длину от 101 до 500 км и лишь всего 0,008 % рек (их всего 214)—длину более 500 км.
- По величине площади бассейна самые крупные реки России — это *Обь*, *Лена*, *Енисей*, *Амур* и *Волга*; по длине — *Енисей*, *Обь*, *Лена*, *Амур*. Самые водоносные реки России — это *Енисей*, *Лена*, *Обь*.

- ***Ленские столбы***



Типы рек

- Реки типизируют по различным признакам, например по размеру, условиям протекания, источникам (видам) питания, водному режиму, степени устойчивости русла, ледовому режиму и т. д.
- По **размеру** реки подразделяют на большие, средние и малые. К большим обычно относят реки с площадью бассейна более 50 000 км², к средним — с площадью бассейна в пределах 2000—50 000 км², к малым — с площадью бассейна менее 2000 км². Нижняя граница площади бассейна (50 км²), отделяющая малые реки от ручьев, — весьма условна.
- **Большая река** обычно имеет бассейн, расположенный в нескольких географических зонах. Гидрологический режим большой реки в целом не свойствен рекам каждой географической зоны в отдельности и поэтому полизонален.
- **Средняя река** обычно имеет бассейн в пределах одной географической зоны. Гидрологический режим средней реки характерен для большинства рек данной географической зоны и поэтому зонален.
- **Малая река** также имеет бассейн, расположенный в пределах одной какой-либо географической зоны, но ее гидрологический режим под влиянием местных условий может существенно отличаться от режима, свойственного большинству рек данной географической зоны, и стать, таким образом, аональным. Малые реки, в отличие от средних и больших, могут не полностью дренировать грунтовые воды, что также определяет отличие их режима от режима, свойственного более крупным рекам данной географической зоны.
- По **условиям протекания** реки подразделяют на *равнинные*, *полугорные* и *горные*. К равнинным рекам условно относят реки с величинами числа Фруда (см. разд. 2.5.1) менее 0,1; к полугорным — с числами Фруда в пределах 0,1—1,0; к горным — с числами Фруда более 1,0. Таким образом, у равнинных и полугорных рек наблюдается спокойный характер движения воды, у горных — бурный.
- По **источникам (видам) питания** реки подразделяют на различные типы в зависимости от вклада *снегового*, *дождевого*, *ледникового* и *подземного питания* в формирование речного стока.
- По **водному режиму**, т. е. характеру внутригодового распределения стока, выделяют реки с *весенним половодьем*, с *половодьем в теплую часть года*, с *поводочным режимом*.
- По **степени устойчивости русла** можно выделить, например, реки *устойчивые* и *неустойчивые*, а по **ледовому режиму** — *реки замерзающие* и *незамерзающие*.
- Выделяют также реки *промерзающие (перемерзающие)* и *пересыхающие*. Следует различать промерзание и перемерзание рек. **Промерзание** — это замерзание всей толщи воды до дна на большом протяжении реки. **Перемерзание** — это образование ледяных перемычек лишь на отдельных мелководных участках русла (например, на перекатах).

Морфология и бассейна реки

- **Бассейн реки** — это часть суши, включающая данную речную систему и ограниченная орографическим водоразделом.
- Бассейны (водосборы) рек, впадающих в один и тот же приемный водоем (озеро, море, океан), объединяются соответственно в бассейны (водосборы) озер, морей, океанов.
- **Выделяют главный водораздел земного шара, который разделяет бассейны рек, впадающих в Тихий и Индийский океаны, с одной стороны, и бассейны рек, впадающих в Атлантический и Северный Ледовитый океаны,— с другой.**
- Кроме того, выделяют *бессточные области земного шара*, откуда находящиеся там реки не доносят воду до Мирового океана. К таким бессточным областям относятся, например, бассейны Каспийского и Аральского морей, включающие бассейны Волги, Урала, Терека, Куры, Амударьи, Сырдарьи.

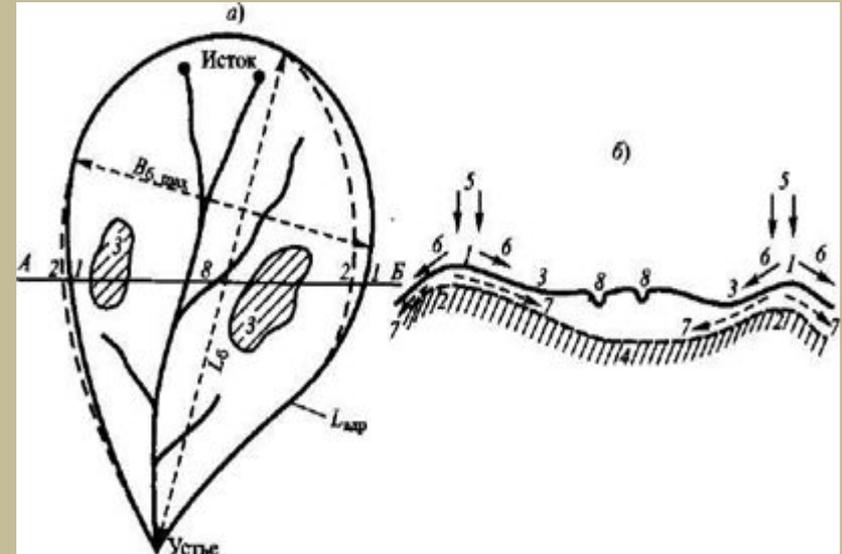


Схема бассейна и водосбора реки в плане (а) и в поперечном разрезе (б) по линии А — Б:

- 1—граница бассейна и поверхностного водосбора реки (орографический водораздел);
2— граница подземного водосбора (подземный водораздел); 3 — бессточные области, не входящие в водосбор реки;
4— водоупор; 5 —осадки; 6 — поверхностный сток;
7—подземный сток; 8 — русла рек

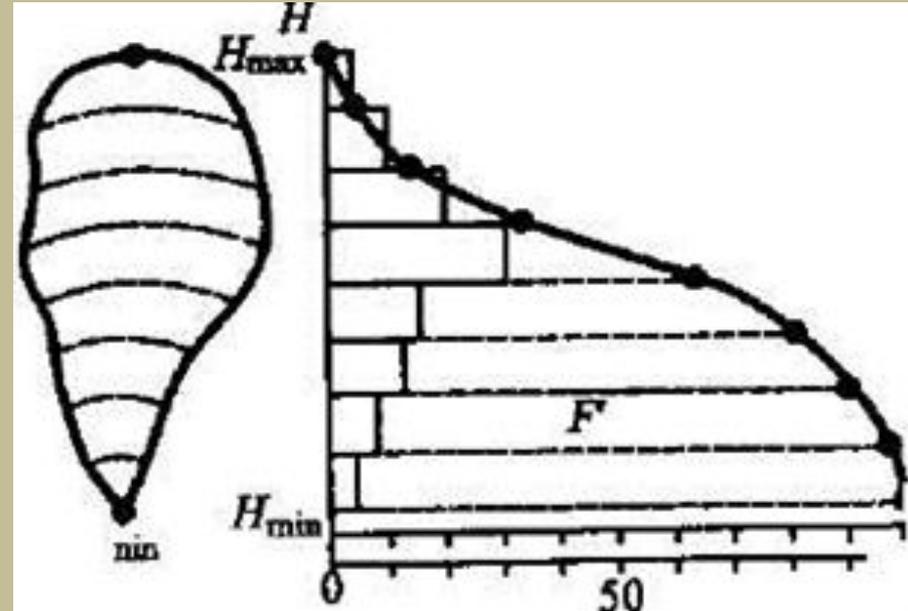
Морфометрия бассейна реки

- Основными морфометрическими характеристиками речного бассейна (см. рис. 6.1) служат: *площадь бассейна F* ; *длина бассейна L_b* , обычно определяемая как прямая, соединяющая устье реки и точку на водоразделе, прилегающую к истоку реки; *максимальная ширина бассейна B_{bmax}* которая определяется по прямой, нормальной к длине бассейна в наиболее широкой его части; *средняя ширина бассейна $B_{бср}$* , вычисляемая по формуле

$$B_{бср} = F/L_b$$

длина водораздельной линии $L_{вдр}$.

- Важной характеристикой бассейна служит распределение площади бассейна по высотам местности, представленное *гипсографической кривой*, показывающей, какая часть площади бассейна (в км² или %) расположена выше любой заданной отметки местности.



Распределение площади бассейна по высотам и гипсографическая кривая

Физико-географические и геологические характеристики бассейна реки

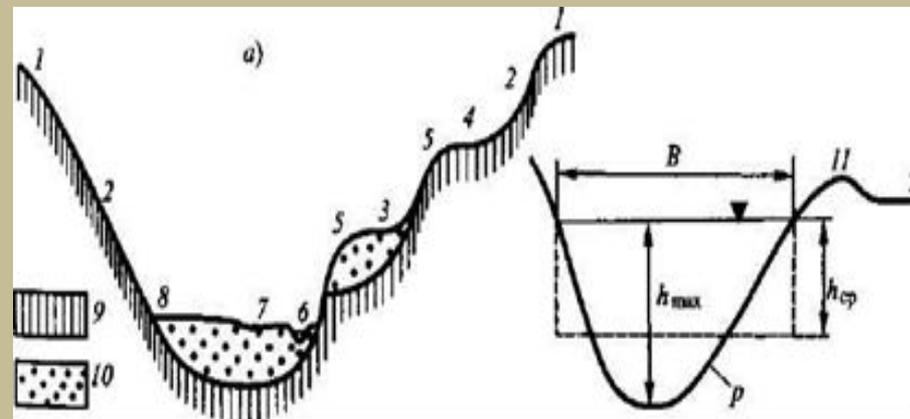
- К числу главнейших физико-географических и геологических характеристик речного бассейна относятся:
 - 1) географическое положение бассейна на континенте, которое может быть выражено через удаленность (км) от океана, широту и долготу центра и крайних точек бассейна;
 - 2) географическая зона (зоны) или высотные пояса;
 - 3) геологическое строение, тектоника, физические и водные свойства подстилающих фунтов, гидрогеологические условия; % рельеф, который может быть охарактеризован количественно через среднюю высоту бассейна и средний уклон бассейна;
 - 4) климат (характер циркуляции атмосферы, режим температуры и влажности воздуха, количество и режим атмосферных осадков, испарение);
 - 5) почвенно-растительный покров, который можно охарактеризовать данными о доли площади бассейна (%), занятой лесами и почвами того или иного типа (о понятии лесистости см. ниже);
 - 6) характер речной сети;
 - 7) наличие и особенности других водных объектов — озер, болот, ледников (об озерности и болотистости речных бассейнов см. ниже).

Долина и русло реки

- Речные долины по происхождению могут быть *тектоническими, ледниковыми и эрозионными*
- По форме поперечного профиля речные долины подразделяют на *теснины, ущелья, каньоны, V-образные, трапецеидальные, ящикообразные, корытообразные* и др. В поперечном профиле долины выделяют *склоны долины* (вместе с уступом долины и надпойменными террасами) и *дно долины*. В пределах дна (ложа) долины находятся *русло реки* (наиболее низкая часть долины, занятая водным потоком в межень) и *пойма* (заливаемая водами половодья или значительных паводков часть речной долины).

- Полоса в русле реки с глубинами, наиболее благоприятными для судоходства, называется *фарватером*. Иногда помимо фарватера выделяют *линию наибольших глубин*. Линии на дне речного русла, соединяющие точки с одинаковыми глубинами, называют *изобатами*.

- Основными морфометрическими характеристиками речного русла (см. рис. б) являются площадь поперечного сечения, ширина русла между урезами русла при заданном его наполнении, максимальная глубина русла h_{max}**



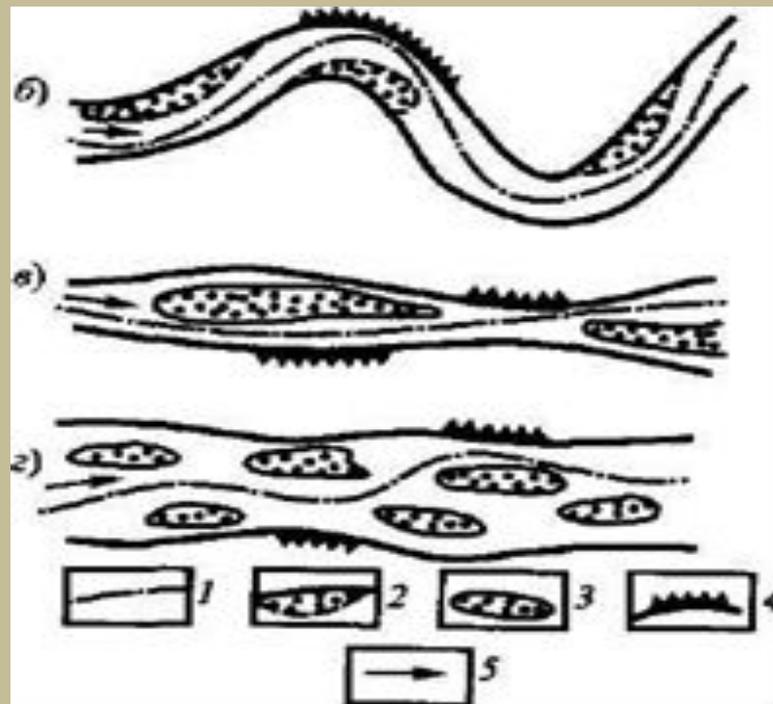
Поперечный профиль долины (а) и русла (б) реки:

- 1 — бровка долины (коренного берега);
 - 2 — уступ коренного берега; 3 — первая надпойменная терраса (аккумулятивная);
 - 4 — вторая надпойменная терраса (эрозионная); 5 — бровка террасы; 6 — русло реки; 7 — низкая пойма; 8 — высокая пойма; 9 — коренные породы; 10 — аллювиальные отложения; 11 — прирусловой вал
- Максимальная ширина русла на реках может достигать десятков километров (р. Амазонка), а максимальная глубина — 100—110 м (низовья Енисея). Здесь не учитываются те случаи, когда море затопило древние русла или каньоны (устья Конго, Св. Лаврентия) и когда глубины достигают 300—400 м.

Типы речных русел

Русла рек по форме в плане подразделяются на *прямолинейные*, *извилистые* (меандрирующие), *разделенные на рукава*, *разбросанные* (блуждающие).

- Основные морфологические элементы русла следующие: *излучины* (меандры), затопляемые подвижные повышения дна — *осерёдки* и более высокие, более стабильные и закрепленные растительностью *острова*, глубокие и мелкие участки русла — *плесы и перекаты*, *донные гряды* различного размера.



типы речных русел:

a — прямолинейное; *b* — извилистое; *c* — разделенное на рукава; *d* — разбросанное; 1 — линия наибольших глубин; 2 — отмель; 3 — осе-редок или остров; 4 — размываемый участок берега; 5 — направление течения

Виды питания рек

- **Дождевое питание.** Каждый дождь характеризуется слоем выпавших осадков (мм), продолжительностью (мин, ч, сут), интенсивностью выпадения (мм/мин, мм/ч) и площадью распространения (км²).
- **Снеговое питание.** В умеренных широтах основным источником питания рек служит вода, накапливающаяся в снежном покрове.
- **Подземное питание рек.** Оно определяется характером взаимодействия подземных (грунтовых) и речных вод. Направленность и интенсивность этого взаимодействия зависят от взаимного положения уровня воды в реке, высоты водоупора и уровня грунтовых вод, зависящего от фазы водного режима реки и гидрогеологических условий.
- **Ледниковое питание.** Это питание имеют лишь реки, вытекающие из районов с высокогорными ледниками и снежниками. Вклад ледникового питания в речной сток тем больше, чем больше доля общей площади бассейна, занятая ледниками.

Классификация рек по видам питания

- Если один из видов питания дает более 80% годового стока реки, следует говорить об исключительном значении данного вида питания (другие виды питания не учитываются).
- Если на долю данного вида питания приходится от 50 до 80 % стока, то этому виду питания придается преимущественное значение (другие виды питания учитываются лишь, если на их долю приходится больше 10 % годового стока).
- Если же ни один из видов питания не дает больше 50 % годового стока, то такое питание называют смешанным. Указанные диапазоны градаций (80 и 50 %) относятся ко всем видам питания, кроме ледникового.
- Для ледникового питания соответствующие диапазоны градаций уменьшены до 50 и 25 %.
- Большая часть рек на территории бывшего СССР имеет преобладающее снеговое питание. Почти исключительно снеговое питание имеют реки Северного Казахстана и Заволжья. Реки дождевого питания занимают южную часть территории к востоку от Байкала, а также бассейны Яны и Индигирки, Черноморское побережье Кавказа и Крыма, Северный Кавказ. Ледниковое питание имеют реки на Кавказе и в Средней Азии.

Водный баланс бассейна реки

$$x + y_1 + w_1 + z_1 = y_2 + w_2 + z_2 \pm \Delta u$$

Приходная часть:

• x — жидкие (дождь) и твердые (снег) **осадки** на поверхность речного бассейна; y_1 — **поверхностный приток** из-за пределов бассейна (при правильно проведенной водораздельной линии такой приток может быть лишь искусственным — с помощью пересекающих водораздел трубопроводов, каналов, часто с системой подпорных сооружений, насосных станций и т. д.); w_1 — **подземный приток** из-за пределов бассейна (он может быть лишь в случае несоответствия поверхностного и подземного водоразделов); z_1 — **конденсация** водяного пара (часто величину конденсации объединяют с осадками x или вычитают из испарения z_2);

Расходная часть:

• y_2 — **поверхностный отток** за пределы бассейна (он может быть представлен прежде всего стоком самой реки, а также искусственным оттоком, осуществляемым через водораздел с помощью гидротехнических сооружений); w_2 — **подземный отток** за пределы бассейна; z_2 — **испарение** с поверхности бассейна, складывающееся из суммарного испарения, а также испарения с поверхностей, покрытых водой или снегом и льдом (см. разд. 6.5.2); $\pm \Delta u$ — **изменение запасов воды** в бассейне (руслах рек, водоемах, почве, водоносных горизонтах, снежном покрове и т. д.) за интервал времени Δt (с плюсом — при увеличении запасов воды, с минусом — при их уменьшении).

- Атмосферные осадки, подземный приток и искусственный поверхностный приток из-за пределов бассейна составляют **приходную часть уравнения водного баланса**; поверхностный и подземный стоки за пределы бассейна и испарение объединяются в **расходную часть уравнения водного баланса**.

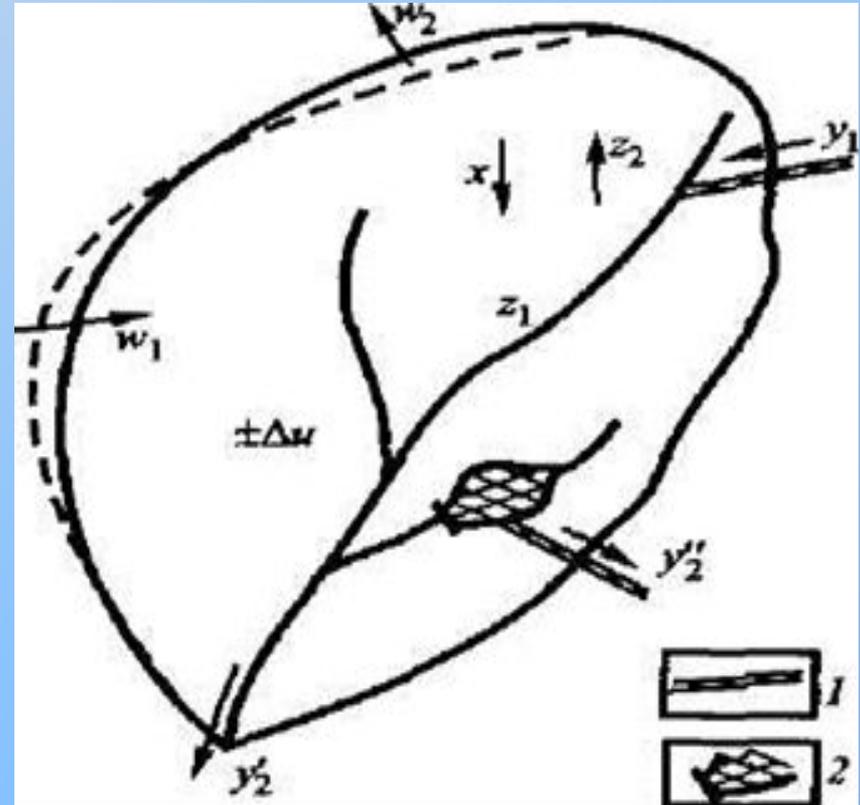


Схема составляющих водного баланса бассейна реки:
1 — канал; 2 — гидроузел

Хозяйственная деятельность на реках

• **Промышленное и коммунальное водопотребление.** Этот вид водопотребления постоянно увеличивается. Источником воды для нужд промышленности, тепловой энергетики и коммунального хозяйства служат как реки, так и подземные воды. В результате значительного увеличения водозабора из этих источников речной сток сокращается, а истощение вековых запасов подземных вод часто сопровождается понижением их уровня и образованием депрессионных воронок. Это нередко также способствует уменьшению речного стока, идущего на пополнение запасов подземных вод.

• **Орошение.** Этот вид водопотребления приводит к наибольшим безвозвратным потерям воды. Главным источником вод для орошения и обводнения служат реки. Водозабор из рек на орошение может быть самотечным, плотинным, машинным (с применением насосов).

Поступающие на поля речные воды идут на:

- продуктивное испарение (используются сельскохозяйственными культурами),
- на непродуктивное испарение с поверхности водохранилищ, каналов, подтопленных земель и т. д.
- на инфильтрацию
- частично возвращаются в реки через коллектор-дренажную сеть в виде *возвратных вод*, которые имеют повышенную минерализацию, содержат вымытые из почвы соли и растворенные химикаты (удобрения, пестициды, гербициды) и непригодны для повторного использования.

Избыточная подача воды на орошение (явление, к сожалению, нередкое) ведет не только к нерациональному использованию вод, их потере, но и может вызвать повышение уровня грунтовых вод, заболачивание и засоление земель.

- Хорватия



- Оман. Ирригационные системы Афладж



Хозяйственная деятельность на реках

- **Сооружение водохранилищ и регулирование стока.** Сооружение водохранилищ оказывает на речной сток сильное и разнообразное явление. Большое влияние водохранилища оказывают прежде всего на распределение стока во времени.
- **Регулирование стока**— часто главная цель сооружения водохранилища. Это обеспечивает более равномерный сток для гидроэнергетических установок ГЭС, предотвращает наводнения, и на копление воды для целей орошения, улучшает условия судоходства т. д.

Сооружение водохранилищ приводит также к сокращению годового стока рек.

Во-первых, на наполнение водохранилищ после их сооружения одновременно изымаются некоторые объемы речных вод.

Во-вторых, поскольку с водной поверхности всегда испаряется больше воды, чем с суши, сооружение водохранилищ приводит к увеличению потерь воды на испарение и сокращению стока.

Степень уменьшения стока рек вследствие потерь воды на испарение с поверхности водохранилищ зависит от климатических условий и составляет, по А. А. Соколову, 0,8—1 % на севере Европейской части России, 1—3 % в Сибири, 10—30 % на юге Европейской части России и достигает 70—80 % в Средней Азии.



Три ущелья



Саяно-Шушенская ГЭС

ГЭС Итайпу на реке Парана, в 20 км от г. Фос-ду-Игуасу на границе Бразилии и Парагвая



Влияние на режим реки местных гидротехнических мероприятий

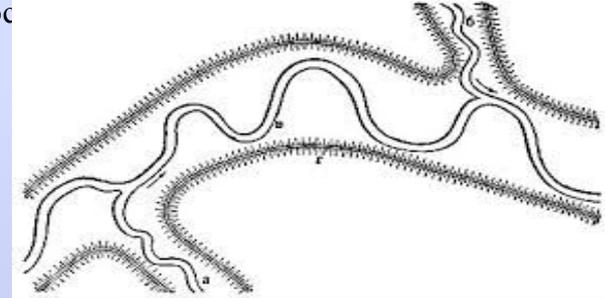
- Местные гидротехнические мероприятия (мостовые переходы, полузапруды, обвалование берегов, углубление фарватера и др.) оказывают сильное воздействие на водный режим реки (скорость течения, уровень воды) в районе проведения гидротехнических работ.
- Выше мостов и полузапруд создается зона местного подпора, и уровни воды выше



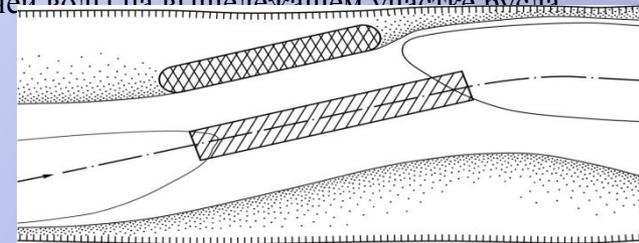
- в местах искусственного сужения русла скорости воды увеличиваются, что может привести к размыву дна и требует принятия защитных мер



- Обвалование русла исключает из активного водообмена часть поймы, что в половодье должно привести к сосредоточению стока воды в необвалованной части русла, некоторому повышению уровней воды и увеличению скорости



- Сооружение прорези на перекате для улучшения судоходных условий приводит к понижению («посадке») уровня воды на вышележащем участке русла



- К таким же последствиям ведет и искусственное спрямление излучин.



Хозяйственная деятельность на реках

- **Территориальное перераспределение стока («переброска стока»).** Оно преследует цель привлечения воды в данную речную систему из других речных бассейнов. В настоящее время, по оценкам И. А. Шикломанова, суммарный объем «перебросок стока» в мире составляет $400 \text{ км}^3/\text{год}$, в том числе в Канаде — 140, в России и других странах СНГ — 60, в Индии — 50, в США — $30 \text{ км}^3/\text{год}$. В настоящее время в Китае ведутся работы по осуществлению переброски вод р. Янцзы объемом от 25 до $70 \text{ км}^3/\text{год}$ на север, в бассейны рек Хуанхэ и Хуайхэ.
- К наиболее крупным действующим мировым системам территориального перераспределения («переброски») стока относятся системы: «Джеймс-Бей» в Канаде, перебрасывающая $25,2 \text{ км}^3$ воды в год из р. Истмейн в р. Ла-Гранд, «Черчилл» — также в Канаде, перебрасывающая $24,0 \text{ км}^3$ воды в год из р. Черчилл в р. Нельсон, «Центральная долина» — в США, по которой $7,5 \text{ км}^3$ воды из р. Сакраменто ежегодно перебрасывается в засушливые районы юга Калифорнии. Территориальное перераспределение водных ресурсов приводит к увеличению стока в реке, куда перебрасывается вода, и к уменьшению в реке, откуда осуществляется переброска стока (в «реке-доноре»). Поскольку любое крупное перераспределение стока сопряжено с сооружением каналов, водохранилищ и других гидротехнических систем, неизбежны потери речного стока на испарение и инфильтрацию.

Крупнейшие системы территориального перераспределения стока в бывшем СССР:

- **Северо-Крымский** (перебрасывается $3,8 \text{ км}^3$ воды в год)



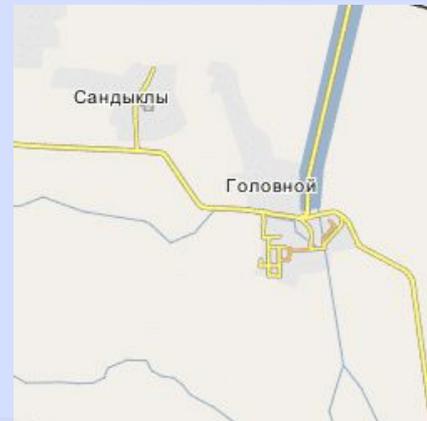
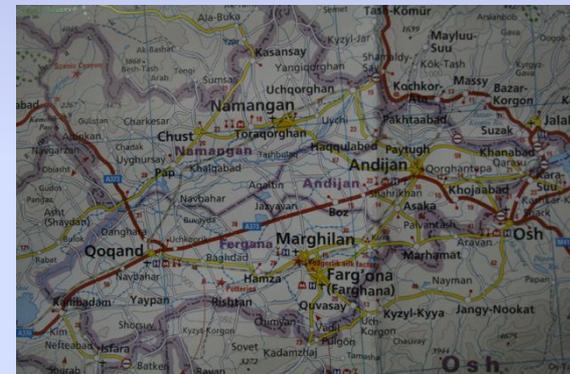
- **Каракумский** ($11 \text{ км}^3/\text{год}$) Ширина до 200 м, максимальная глубина 7,5 м^[2]. Расход воды в начале канала $600 \text{ м}^3/\text{с}$. Вода в канале идёт самотёком. По нему на протяжении 450 км осуществляется судоходство

- **Амубухарский** ($5,8 \text{ км}^3/\text{год}$). Основное назначение – орошение земель. Протяжённость 400 км, максимальная пропускная способность $270 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальная высота подъёма воды 111 м. На канале построено 65 гидротехнических сооружений, в том числе и насосных станций.

Днепр — Донбасс ($3,6 \text{ км}^3/\text{год}$)



Большой Ферганский ($5,3 \text{ км}^3/\text{год}$)



Советские проекты переброски стока рек

- В 1970—1980 гг. в СССР разрабатывались три крупномасштабных проекта территориального перераспределения стока:
- «переброска» части стока северных рек в бассейн Волги,
- «переброска» части стока р. Оби в Среднюю Азию и Казахстан,
- сооружение водохозяйственного комплекса «Дунай— Днепр».

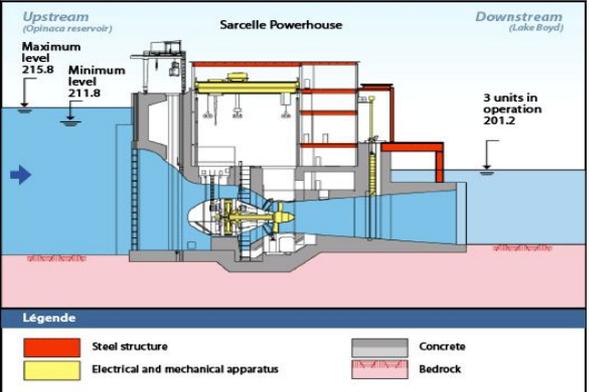
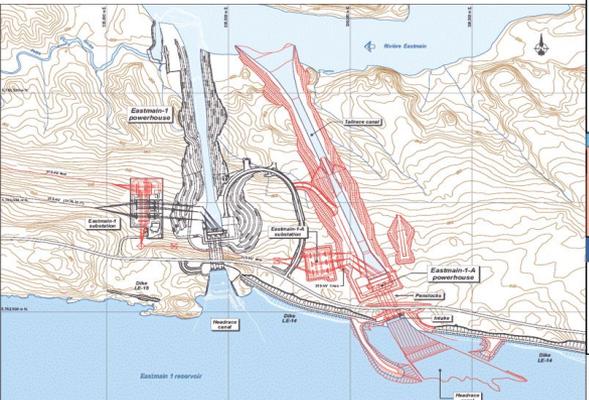
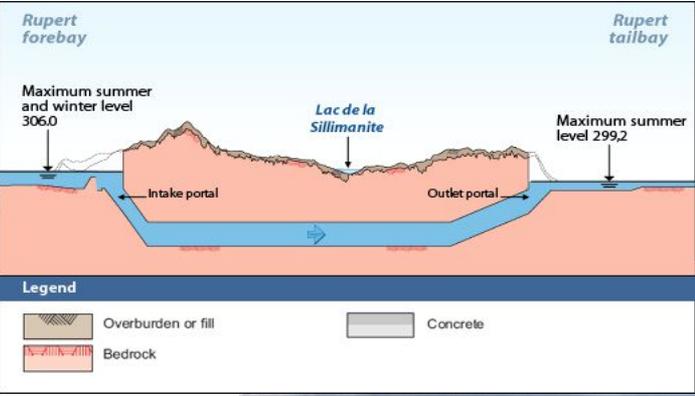
Основная цель первого из упомянутых проектов («европейской переброски») состояла в увеличении стока Волги, что позволило бы расширить хозяйственное использование ее вод, а также остановить прогрессирующее в те годы понижение уровня Каспийского моря, что грозило потерей этим водоемом своего рыбохозяйственного потенциала.

- Разными вариантами проекта предусматривалась «переброска» вод, например, из Онежского озера (3,5 км³/год на 1 очереди), оз. Лача и Воже (1,8 км³/год), рек Онеги (5,9 км³/год), Сухоны (4,0 км³/год), Вычегды (5,0 км³/год) через оз. Кубинское и Рыбинское водохранилище и далее в Волгу, а также вод р. Печоры в верховья главного притока Волги — Камы (9,8 км³/год на I очереди).

Бассейн р.Руперт. Канада. Более темным цветом выделена та его часть, сток которой перебрасывается.



Бассейн реки Ла-Гранде. Более темным цветом выделены участки бассейнов соседних рек, сток которых перебрасывается в Ла-Гранде.



ЛЕДНИКИ



Скопления природного снега и льда на Земле

Атмосферный	Наземный	Плавучий
снег	многолетние ледники	многолетние (паковые льды, айсберги)
иней	многолетние наледи	сезонные (морские льды, озерные и речные льды)
град	снежки	подземные (многолетние подземные льды)
гололед		

Ледник — это масса фирна и льда, образовавшаяся путем накопления и преобразования твердых атмосферных осадков и способная к движению. Множество ледников, объединенных общими связями с окружающей средой и внутренними взаимосвязями и свойствами, образуют оледенение, или ледниковую систему.

- Роль ледников в природных процессах:**
- 1) аккумуляция больших объемов пресной воды;
 - 2) участие в круговороте воды в природе;
 - 3) влияние на тепловой баланс планеты;
 - 4) на температуру и соленость вод океана;
 - 5) на сток горных рек и т.д.



Происхождение ледников и распространение на Земле

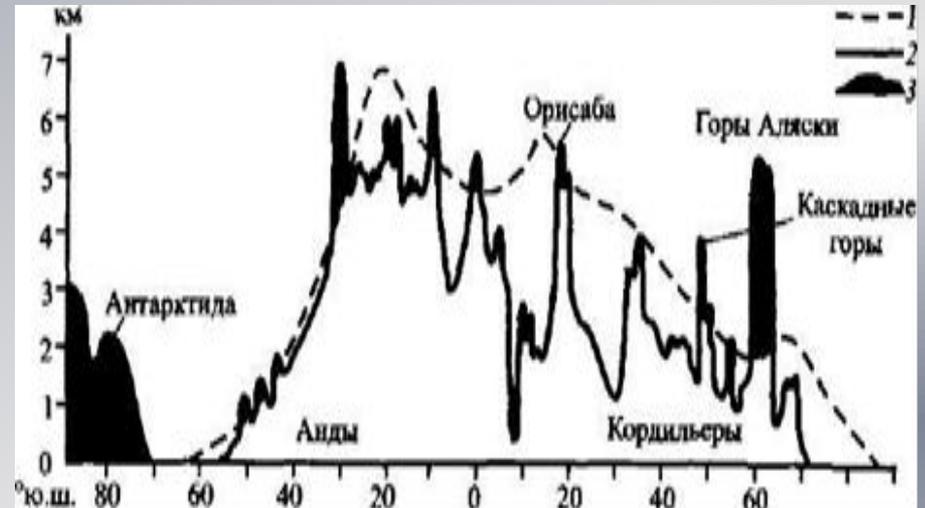
В холодный период года на обширных территориях суши накапливаются твердые атмосферные осадки — снег. В теплый период года на большей части территории снег тает.

Граница между снежной поверхностью и поверхностью, где снега нет называется *сезонной снеговой линией*. В течение года эта линия смещается в пространстве, причем в Северном и Южном полушариях — асинхронно.

- Среднее положение снеговой линии называется *климатической снеговой линией*. Выше неё наблюдается *положительный снеговой баланс (хионосфера)*, ниже — *отрицательный баланс*, на самой линии — *нулевой баланс*.
 - Высотное положение климатической снеговой линии определяется климатическими условиями. Низшее положение она занимает в полярных районах (в Антарктике – уровень моря, наивысшее — в субтропиках до 6500 м), где жарко, недостаток атмосферных осадков и повышенная сухость воздуха. В Южном полушарии, где климат более морской и выпадает больше осадков, климатическая снеговая линия расположена ниже, чем в Северном полушарии.

Расположение снеговой линии

- Выше климатической снеговой линии оказывается вся Антарктида, вершины Анд и Кордильер, некоторые горы Аляски, здесь и располагаются ледники. Они также находятся выше климатической снеговой линии, расположенной на Земле Франца-Иосифа на высотах около 100 м, на Шпицбергене около 400—500 м, в Альпах 2500—3000 м, на Кавказе 2700—3800 м, на Памире 4500—5500 м, на Гималаях 4900—6000 м и т. д.
- На наветренных и потому влажных и снежных склонах снеговая линия лежит ниже, чем на подветренных.



АЛЯСКИ



Причины существования оледенения

- 1) большое количество твердых атмосферных осадков;
- 2) длительный период отрицательных температур воздуха;
- 3) положительный снеговой баланс, т. е. преобладание накопления снега над его расходом.
- 4) морской климат с большим количеством осадков и прохладным летом;
- 5) орографические и геоморфологические условия: большие высоты, экспозиция склонов (северная в Северном полушарии и южная в Южном), благоприятная ориентация горных хребтов по отношению к направлению переноса влажных воздушных масс, плоские или вогнутые формы рельефа.

На северных склонах снеговая линия расположена, например, на высотах 3000 м, на южных склонах — на высотах около 3500 м.



ледник

Разгрузка ледников

Накопление снега не может продолжаться бесконечно. Это в горных ледниках происходит благодаря:

- 1) перемещению накапливающихся масс льда ниже снеговой линии (в виде языка ледника);
 - 2) таянию и испарению льда в более теплых условиях;
 - 3) частичному таянию и испарению льда выше снеговой линии;
 - 4) сходу лавин;
 - 5) переносу снега метелями;
 - 6) на покровных ледниках в результате откалывания массивов льда и образования айсбергов.
- С многолетним положением снеговой линии на поверхности ледника приблизительно совпадает так называемая *фирновая линия*, отделяющая поверхность фирна от поверхности льда. Запасы воды во всех ледниках мира составляют > 25 млн км³ (это 70,2% объема всех пресных вод на планете).

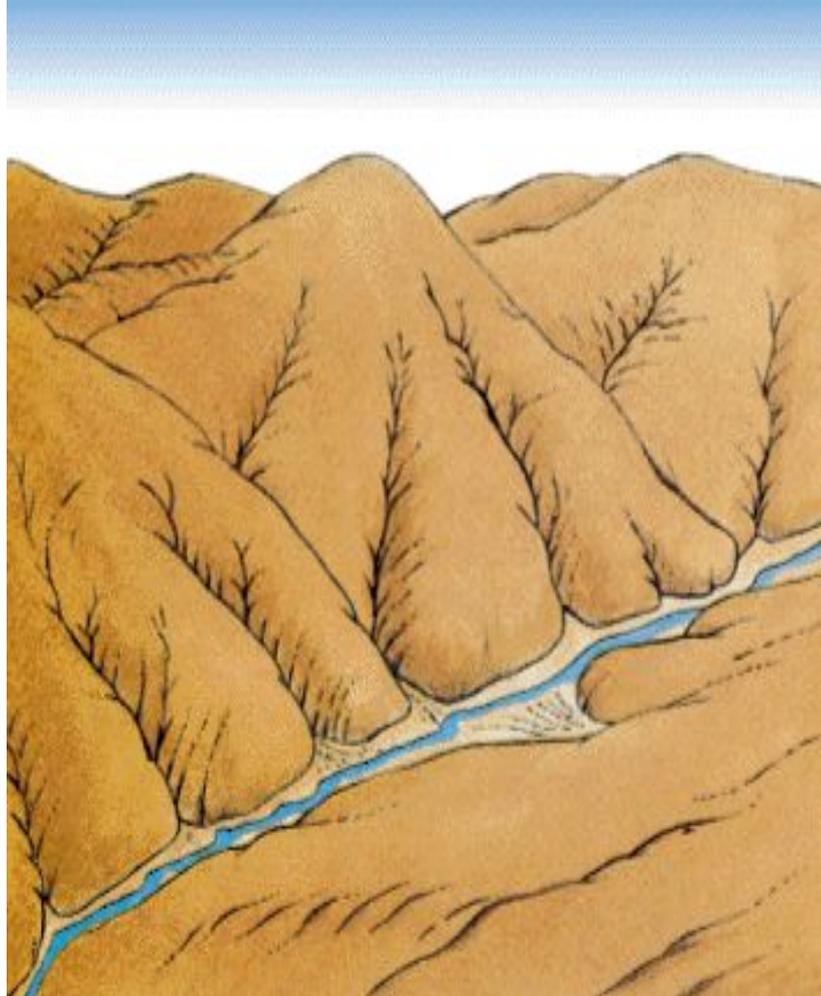
Область оледенения	Масштабы оледенения, млн км ² (%)	Запасы пресных вод, млн км ³ (%)
Антарктида	13,94 (9,4%)	23,29 (90,3%)
Гренландия	1,80 суши (1,2% площади)	2,36 (9,2 %)

Т.о., в ледниках Антарктиды и Гренландии вместе содержится 25,66 млн км³ воды (99,5 % запасов воды во всех ледниках мира, или **69,8 % запасов всех пресных вод**).



Части ледниковых полей

ДО ОЛЕДЕНЕНИЯ



ВО ВРЕМЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ



Отступающий ледник и его воздействие на окружающую среду

Отступающий ледник и его влияние на окружающий рельеф



Процесс отступления ледника



Типы ледников

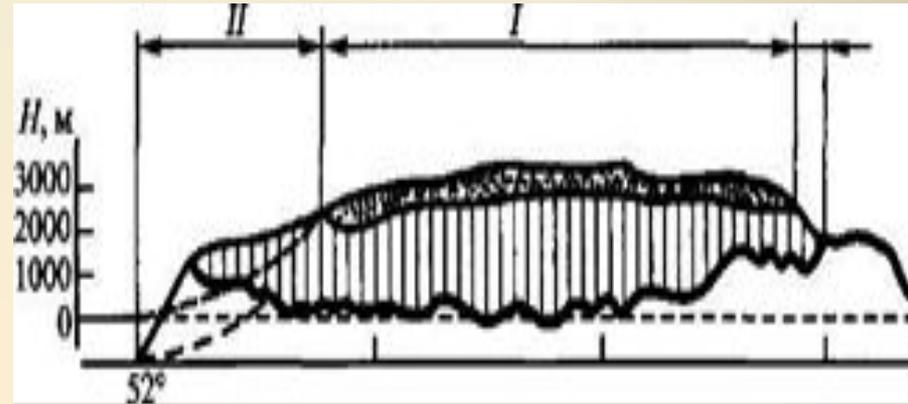
Покровные ледники

размещаются на материках или крупных островах: к ним относятся ледники Антарктиды, Гренландии, арктических островов (Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и др.). Форма покровных ледников в меньшей степени, чем у горных, зависит от рельефа подстилающей поверхности земли и в основном обусловлена распределением снегового питания ледника.

Подразделяются на:

- 1) ледниковые купола** (выпуклые ледники мощностью до 1000 м);
- 2) ледниковые щиты** (крупные выпуклые ледники мощностью более 1000 м и площадью поверхности свыше 50 тыс. км²);
- 3) выводные ледники** (быстро движущиеся ледники, через которые осуществляется основной расход льда покровных ледников; выводные ледники обычно заканчиваются в море, образуя плавающие ледниковые языки, дающие начало многочисленным айсбергам небольшого размера);
- 4) шельфовые ледники** (плавающие или частично опирающиеся на морское дно, являются продолжением наземных ледниковых покровов; они движутся с берега к морю и образуют крупные айсберги).

Поперечный разрез Гренландского ледникового покрова



I—область питания; II—область абляции; 1—ложе ледника (коренные породы); 2— поверхность ледника; 3— снег и фирн; 4— лед; 5—морены; 6—линии тока льда; ПТ — подгорная трещина; ЛП — ледопад; ДМ — придонная морена; КМ — конечная морена. Пунктир — профиль выводного ледника.



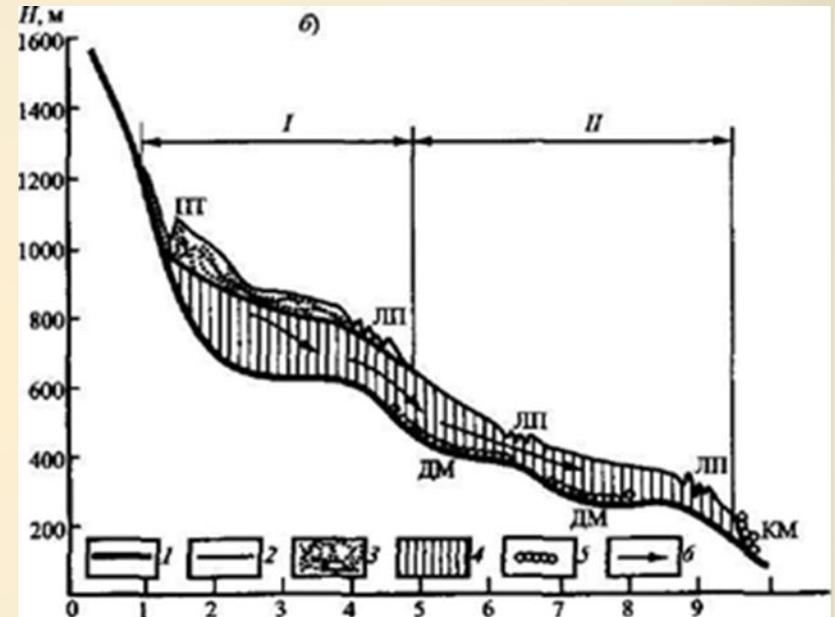
Типы ледников

Горные ледники

подразделяются на три подгруппы.

- 1) ледники **вершин**, лежащие на вершинах отдельных гор, хребтов и горных систем, в кальдерах вулканов;
- 2) ледники **склонов**, занимающие депрессии (впадины, кары) на склонах горных хребтов;
- 3) **долинные** ледники, располагающиеся в верхних и средних частях горных долин.

- Обширные горные ледники расположены в крупных и высоких горных массивах — в Гималаях, Каракоруме, на Памире, Тянь-Шане, в Альпах, на Кавказе, на Аляске и т. д. **Самый крупный горный ледник — ледник Беринга на Аляске длиной 203 км и площадью 5700 км².**
- В России покровное оледенение занимает наибольшие площади на Новой Земле (23,64 тыс. км²), Северной Земле (18,32 тыс. км²), Земле Франца-Иосифа (13,75 тыс. км²). Горные ледники в России расположены на Кавказе, Алтае, в Саянах, на Северном Урале и т. д.
- Самые крупные горные ледники в СНГ — ледники Федченко площадью 652 км² и длиной 77 км на Памире и Южный Иньльчек площадью 567 км² и длиной 60,5 км на Тянь-Шане.
- На протяжении геологической истории площадь оледенения на Земле существенно изменялась. Так, площадь ледников в последнюю ледниковую эпоху достигала 34 млн км² (в 2 раза больше современной), а в эпоху максимума четвертичного оледенения — 55 млн км² (в 3,4 раза больше современной).



Продольные разрезы карового (а) и долинного (б) ледников:

I—область питания; II—область абляции; 1—ложе ледника (коренные породы); 2— поверхность ледника; 3— снег и фирн; 4— лед; 5—морены; 6—линии тока льда; ПТ — подгорная трещина; ЛП — ледопад; ДМ — придонная морена; КМ — конечная морена
Пунктир — профиль выводного ледника

Строение ледника: гидрография, морены

- В теле крупных ледников имеется сложная гидрографическая сеть: система взаимосвязанных полостей, гротов, трещин, колодцев, каверн, полностью или частично заполненных водой, линз воды и ручейков.
- В местах изменения рельефа ложа ледника (расширение или перегиб ложа) при движении ледника возникают соответственно *продольные и поперечные трещины*.
- На поверхности и в толще ледника, а также вблизи него встречаются скопления обломочного материала — *морены, 2 группы:*
 - 1) *влекомые* - обломочный материал перемещается ледником. Выделяют морены поверхностные (включая боковые, срединные, поперечные и фронтальные), внутренние и придонные
 - 2) *отложенные* – скопление обломочного материала, ранее принесенного и отложенного ледником. Отложенные морены подразделяются на береговые и конечные.

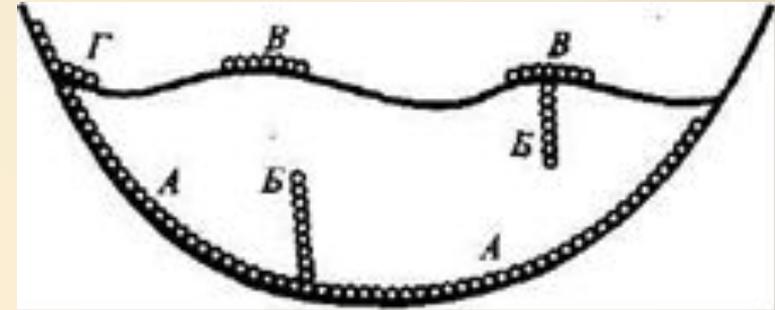


Схема поперечного строения горного ледника.

Влекомые морены:

- А — придонная;
- Б — внутренняя;
- В — срединная;
- Г — боковая



Питание и абляция ледников

Питание ледника

- 1) твердые атмосферные осадки;
- 2) дождевые жидкие осадки;
(осадки дают 80% общей аккумуляции)
- 3) метелевый перенос, т. е. принос ветром снега на поверхность ледника со смежных горных склонов; (15%)
- 4) лавины, приносящие дополнительные объемы снега на ледник; (5%)
- 5) конденсация водяного пара в твердую фазу (сублимация) или так называемые «нарастающие» осадки — иней и изморозь;
- 6) «наложенный лед», т. е. вновь замерзающие талые воды сезонного снега.

Расход вещества в леднике

- 1) сток талой воды с ледника;
- 2) испарение с поверхности льда (снега);
- 3) сдувание снега ветром (механическая абляция).



Различают три вида абляции

- **Подледниковая абляция** происходит на границе ледника с ложем и вызывается поступлением теплоты из грунта, трением льда о ложе и жидкой водой, проникающей под лед. Поступление геотермального тепла из недр Земли может привести даже к образованию огромных подледниковых озер под мощным слоем покровного ледника. Примером такого озера служит оз. Восток в Антарктиде.
- **Внутриледниковая абляция (таяние)** происходит внутри ледника и объясняется трением отдельных слоев ледника, циркуляцией воды и воздуха в полостях и трещинах ледника (менее 5 % общей абляции ледника).
- **Поверхностная абляция** – убыль снега, фирна и льда на поверхности ледника из-за *таяние*. Испарение играет некоторую роль лишь в условиях крайне сухого и солнечного



Движение ледников

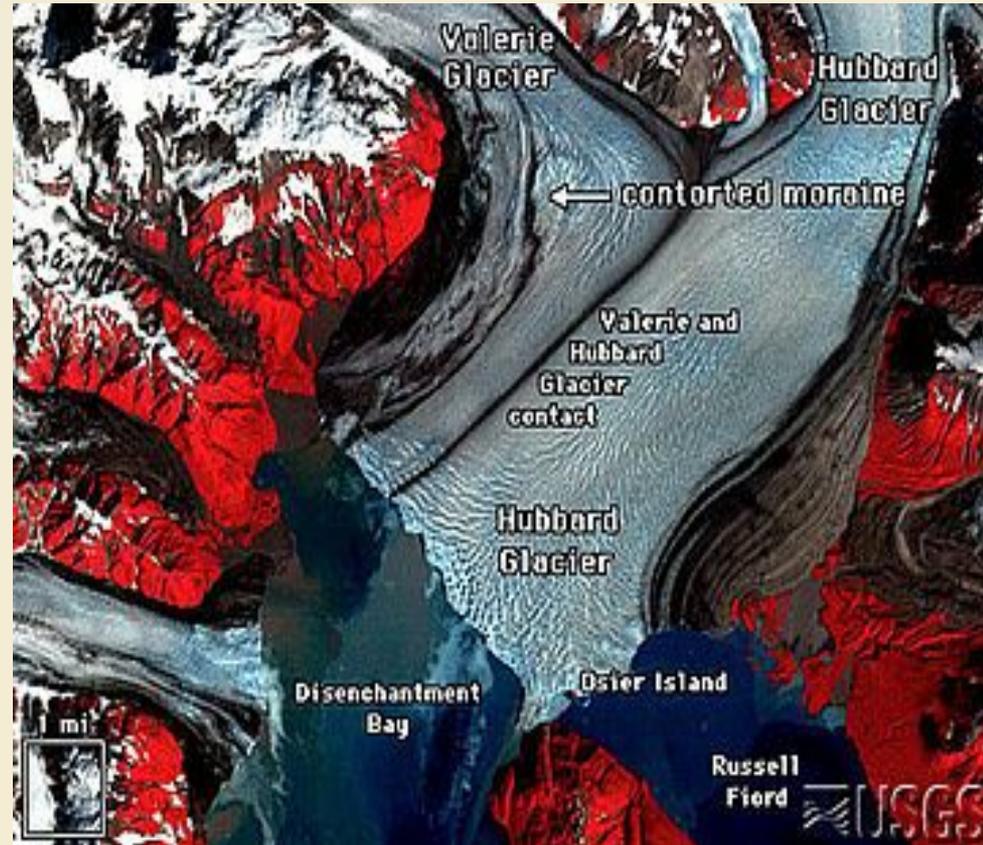
- От наступания и отступления ледников, связанных в основном с изменением условий их питания и таяния, следует отличать *движение ледников*, проявляющееся в перемещении (всегда в одном направлении) самих масс льда. Благодаря пластичности лед оказывается текучим и под действием силы тяжести и давления медленно перемещается.
- Движению масс льда способствуют:
 - большая мощность ледника,
 - значительные уклоны его поверхности и ложа, относительно повышенная температура воздуха (и льда)
 - «водяная смазка» у ложа.

Мощные ледники двигаются быстрее маломощных (заметное движение ледника начинается при его толщине, превышающей 15—30 м); крутопадающие ледники двигаются быстрее пологопадающих; днем, летом и в фазу наступания ледник движется быстрее, чем ночью, зимой и в фазу отступления. Движение масс льда в леднике благодаря деформациям сжатия и растяжения (приводящим часто к разрывам сплошности льда) существенно отличается от движения воды в водотоках и водоемах.

Движение масс льда в леднике может быть так называемым глыбовым со



Скорости движения ледников измеряются сантиметрами в сутки или метрами в год. Наибольшая скорость движения свойственна краевым частям мощных покровных ледников Антарктиды и Гренландии (выводным ледникам) и крупным горным ледникам. Временное ускорение движения ледника (как горного, так и покровного) называют *подвижкой ледника* (или *сёрджем*).



Процесс преобразования Рассел-фьорда в ледниково-подпрудное озеро, Аляска

Движение ледников

Движущиеся ледники производят огромную эрозионную, транспортирующую и рельефоформирующую работу. Движущийся лед «полирует» скалы, переносит большие массы обломочного материала, включая огромные валуны, «выпахивает» **троговые долины**.

По скорости движения ледники подразделяют на:

1 группа имеют небольшую (обычно не более 100—200 м/год), мало изменяющуюся в течение года скорость движения. Это большинство горных ледников, ледниковые шиты.

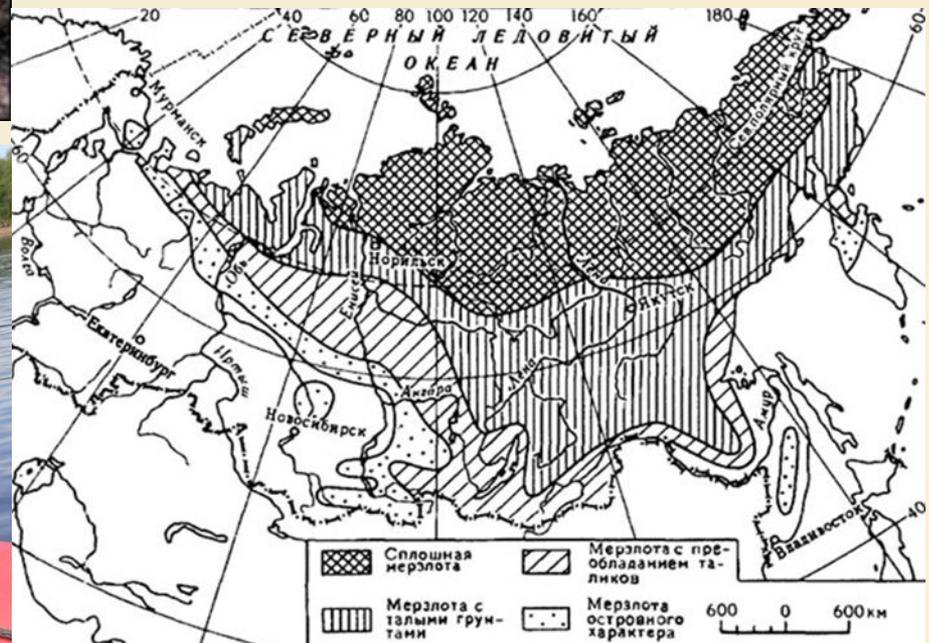
2 группа имеют практически постоянно весьма большую скорость движения (1—2 км/год и более, иногда до 5—7 км/год). Это некоторые выводные ледники Антарктиды и Гренландии. Ряд крупных горных ледников движется со скоростью до 1 км/год.

3 группа (*пульсирующие ледники*) в обычное время имеют незначительные скорости движения, но в непродолжительные периоды резко ускоряют свое движение (до 300 м/сут).

- Лед во время подвижки перемещается из области питания в область абляции без существенного изменения его общей массы в леднике. Такие катастрофические подвижки периодически повторяются. Периоды пульсаций могут составлять от нескольких лет до столетий.
- **Пульсирующих ледников** много во многих ледниковых системах — на Аляске, Шпицбергене, в Исландии, Альпах, в горах Центральной Азии.



МЕРЗЛОТА



СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ ;)

