



ВЛАДИВОСТОКСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭКОНОМИКИ И  
СЕРВИСА

# ГИДРОЛОГИЯ РЕК



# РЕКИ

- **Рекой** называется водный поток, протекающий в естественном русле и питающийся за счет поверхностного и подземного стока речного бассейна.
- Река, впадающая в один из таких водоемов, называется **главной рекой**, а реки, впадающие в нее, — ее **притоками**.
- Совокупность всех рек, сбрасывающих свои воды через главную реку в море или озеро, называется **речной системой или речной сетью**.
- Реки, озера, болота, овраги данной территории составляют **гидрографическую сеть** этой территории. Таким образом, речная сеть есть часть гидрографической сети.
- Различают **притоки различных порядков**. Реки, впадающие непосредственно в главную реку, называются притоками первого порядка, притоки этих притоков — притоками второго порядка и т. д.

# Исток, верхнее, среднее и нижнее течение, устье

- **Истоком** называется место на земной поверхности, где русло реки приобретает отчетливо выраженные очертания и где в нем наблюдается течение
- **В верхнем течении** - большие уклоны □ большие скорости □ в этой части течения река энергично размывает свое русло
- **В среднем течении** река проносит транзитом продукты размыва, принесенные сверху
- **В нижнем течении** происходит аккумуляция продуктов размыва
- Место, где река впадает в другую реку, озеро или море, называется **устьем** реки.

# Характеристики речной системы

- **Протяженность** - суммарная длина всех рек, составляющих данную систему.
- **Извилистость реки** характеризуется коэффициентом извилистости. Этот коэффициент определяется для отдельных участков реки и представляет собой отношение расстояния по прямой линии между начальным и конечным пунктами участка к длине реки на этом участке.
- **Густота речной сети** характеризуется коэффициентом густоты, представляющим собой отношение суммарной протяженности речной сети на данной площади к величине этой площади, км/км<sup>2</sup>. На севере она обычно больше, чем на юге, в горах больше, чем на равнинах.

# Водоразделы

- Линия на земной поверхности, разделяющая сток атмосферных осадков по двум противоположно направленным склонам, называется **водоразделом**.
- Весь земной шар можно разделить на две основные покатости, по которым воды стекают с континентов в Мировой океан: Атлантическую и Тихоокеанско-Индийскую. Водораздел между этими двумя покатостями называется **Мировым водоразделом**. (мыс Горн - Анды и Кордильеры до Берингова пролива - на северо-востоке Евразии вступает в пределы Азии и проходит в нашей стране по Чукотскому хребту, Анадырскому плоскогорью, горным хребтам Гыдан, Джугджур, Становому, Яблоновому - Центральная Азия - пересекает северную часть Аравийского полуострова и вступает в Африку. Здесь он простирается почти в меридиональном направлении, приближаясь в восточной части материка к Индийскому океану).

# Мировой водораздел



# Водоразделы

- Водоразделы между периферийными областями и областями внутреннего стока называются **внутренними водоразделами**.
- Линии на земной поверхности, разделяющие области суши, сток с которых направлен в различные океаны или моря, называются **водоразделами океанов и морей**.
- Водоразделы, отделяющие части суши, сток с которых направлен в те или иные речные системы, называют речными водоразделами или **водоразделами речных бассейнов**.
- Реки собирают воды не только с поверхности земли, но и из верхних слоев литосферы (подземные воды). В соответствии с этим различают **поверхностные и подземные водоразделы**. Поверхностные и подземные водоразделы не всегда совпадают.

# Речной бассейн. Водосбор

- Часть земной поверхности, включающая в себя данную речную систему и отделенная от других речных систем водоразделами, называется **речным бассейном этой системы.**
- Поверхность суши, с которой речная система собирает свои воды, называется водосбором или **водосборной площадью бассейна**



# Морфометрические характеристики речного бассейна

- Площадь, км<sup>2</sup>
- Коэффициент асимметрии
- Длина водосбора речного бассейна.
- Средняя ширина водосбора
- Коэффициент вытянутости водосбора
- Коэффициент развития длины водораздельной линии водосбора
- **Средняя высота речного бассейна** . Определяется по гипсографической кривой, представляющей собой графическое изображение распределения площадей бассейна (в %) по высотным поясам. Высота, соответствующая 50% площади бассейна является его средней высотой.

# Морфометрические характеристикой речного бассейна

- Средний уклон бассейна  $i_{\text{ср}}$ ,

$$i_{\text{ср}} = \frac{h \left( \frac{l_0}{2} + l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + \frac{l_n}{2} \right)}{F},$$

- где  $h$ —разность отметок соседних горизонталей на гипсометрической карте;  $l_0, l_1, l_2, \dots, l_n$  — длины горизонталей в пределах бассейна;  $F$  — площадь бассейна.

# Физико-географические характеристики речных бассейнов

- Географическое положение (географические координаты крайних точек)
- Климатические условия бассейна - атмосферные осадки (их количество, распределение, интенсивность дождей), снежный покров (мощность и запас воды в нем), температура и недостаток насыщения влагой воздуха, радиационный баланс
- Рельеф местности
- Геологическое строение
- Характер почвенного и растительного покрова
- Для оценки влияния на сток рек, озер, болот, залесенности речных бассейнов пользуются коэффициентами озерности  $K_{оз}$ , заболоченности  $K_{б}$ , лесистости  $K_{л}$ .

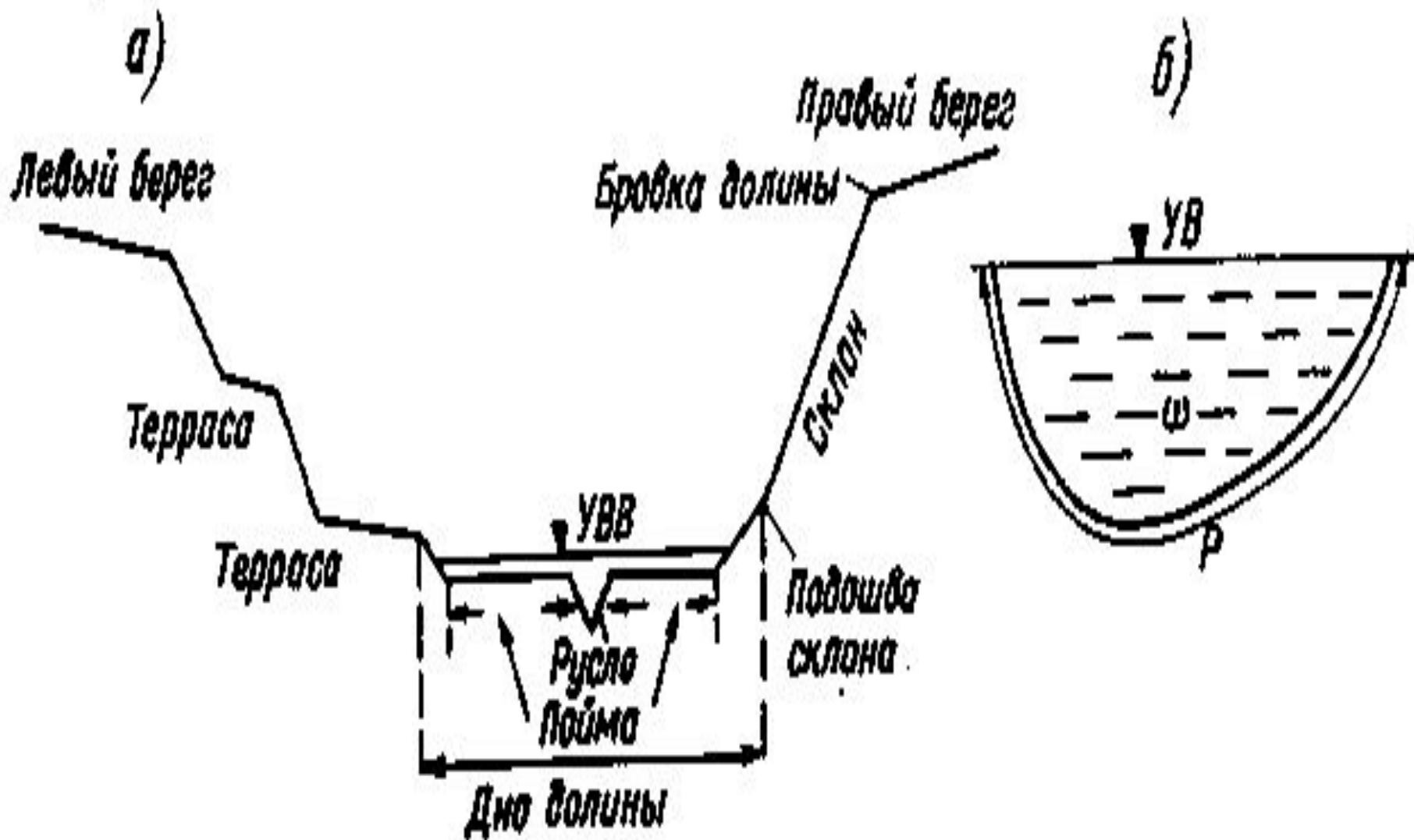
# Речная долина и русло реки

- Узкие вытянутые пониженные формы рельефа, характеризующиеся общим наклоном своего ложа от одного конца к другому и называются **речными долинами**.
- **Элементы речной долины**
  - **Дно, или ложе, долины** — наиболее пониженная ее часть
  - **Тальвег** — непрерывная извилистая линия, соединяющая наиболее глубокие точки дна долины
  - **Русло** - эрозионный врез, образованный водным потоком
  - **Пойма** - часть дна долины, заливаемая высокими речными водами
  - **Склоны долины**

# Речная долина и русло реки

- **Элементы речной долины**
  - **Речные террасы** - располагающиеся уступами на склонах речной долины на некоторой высоте над тальвегом более или менее горизонтальные площадки (пойма представляет собой нижнюю террасу)
  - **Бровка** - линия сопряжения склонов долины с поверхностью прилегающей местности

# Схематический поперечный профиль речной долины (а) и живое сечение потока (б).



# Русло реки

- Сечение русла вертикальной плоскостью, перпендикулярной направлению течения, называется **водным сечением потока**
- Часть площади водного сечения, где наблюдаются скорости течения, называется **площадью живого сечения**
- Та часть площади водного сечения, где течение практически отсутствует, называется **площадью мертвого пространства**

# Элементы водного сечения

- Площадь  $w$
- Смоченный периметр  $P$  (длина линии, ограничивающей смоченную часть водного сечения)
- Гидравлический радиус  $R=w/P$
- Ширина русла  $B$
- Максимальная глубина  $h_{Макс}$
- Средняя глубина  $h_{ср} = w/B$



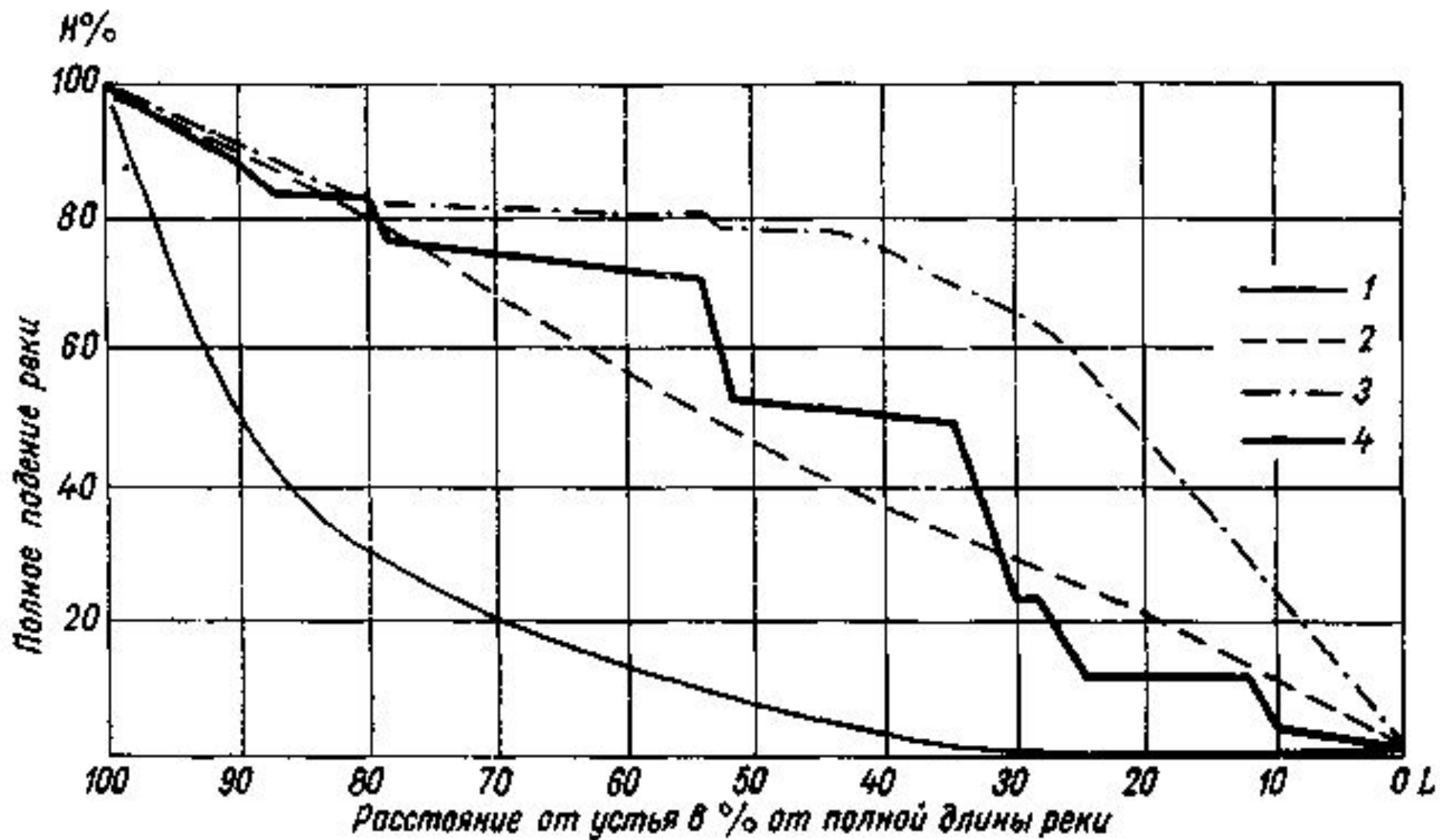
# Продольный профиль рек

- Продольный профиль реки характеризуется продольным профилем русла и продольным профилем водной поверхности
- Разность высот  $A\Delta$  двух каких-либо точек водной поверхности по длине реки называется **падением,  $H$**
- Отношение величины падения к длине данного участка  $l$  называется **уклоном  $I$**  реки,  $I = H/l$ .
- Продольные профили русел отдельных рек различаются в зависимости главным образом от уклона долины, свойств пород и грунтов, слагающих русло

# По характеру распределения падений и уклонов по длине реки выделяют 4 типа продольных профилей рек

1. **Профиль равновесия**, имеющий вид вогнутой кривой, более крутой в истоках реки и пологой ближе к устью. Этот тип характерен для большинства рек
2. **Прямолинейный профиль**, характеризующийся более или менее равномерным распределением падений и уклонов подлине реки. Подобное очертание профиля имеют часто малые реки равнин
3. **Сбросовый профиль**, имеющий вид параболической кривой с малым падением в верхней части и большим в нижней части реки
4. **Ступенчатый профиль**, отличающийся чередованием участков с малым и большим падением, иногда в виде отвесных уступов.

# Относительные профили рек. 1 — профиль равновесия, 2 — прямолинейный, 3 — сбросовый, 4 — ступенчатый.



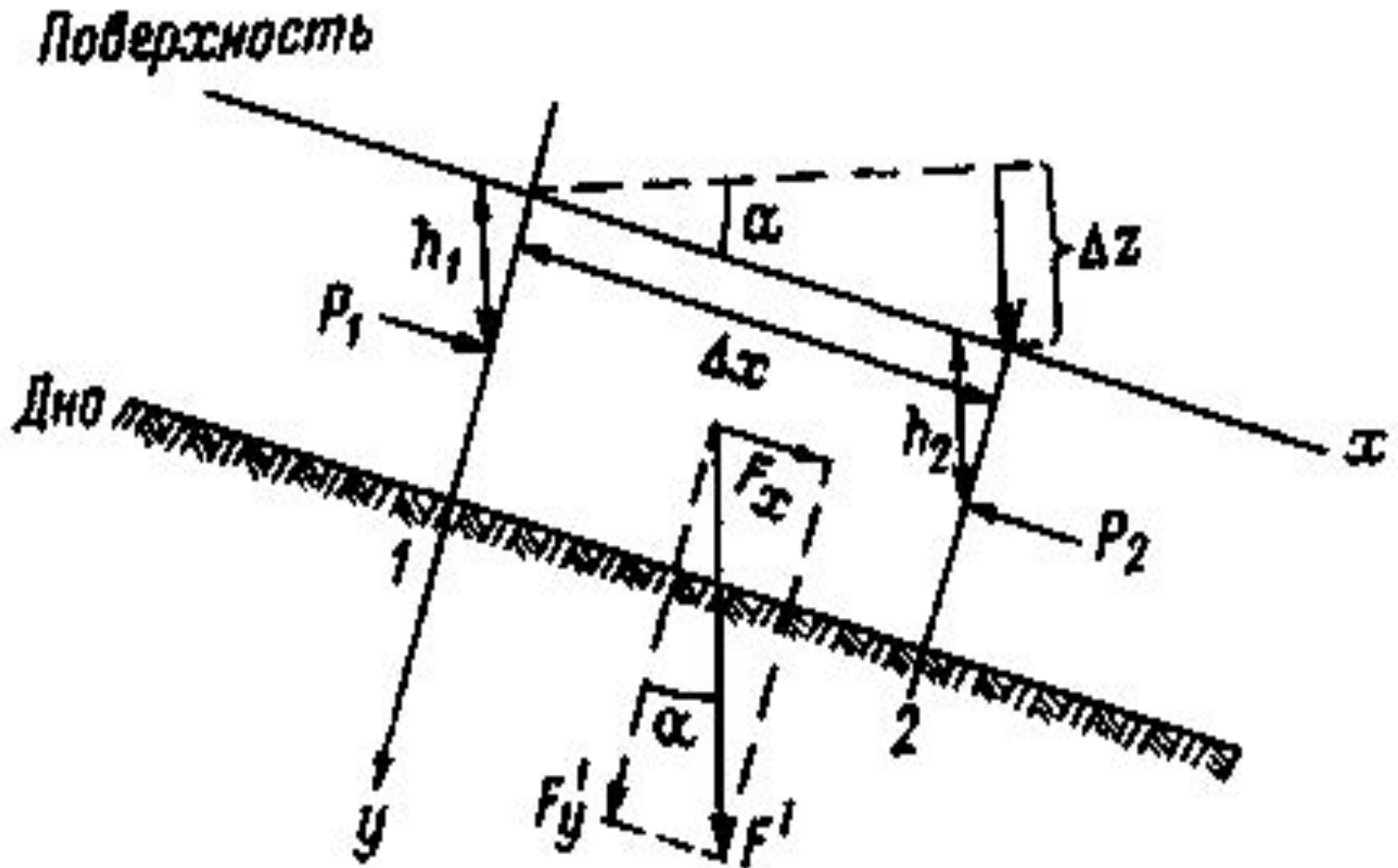
# Ступенчатый продольный профиль

- Участки рек с сосредоточенным падением и бурным течением, приуроченные к местам выходов на поверхность труднорастворимых пород, носят название **порогов**
- Падение воды с отвесного уступа называется **водопадом**

# Механизм течения рек

- В речных потоках движение турбулентное
- Вода в реках движется под действием силы тяжести  $F'$ . Эту силу можно разложить на две составляющие: параллельную дну  $F'_x$  и нормальную ко дну  $F'_y$ . Сила  $F'_y$  уравнивается силой реакции со стороны дна. Сила  $F'_x$ , зависящая от уклона, вызывает движение воды в потоке

# Механизм течения рек



# Скорости течения воды и распределение их по живому сечению

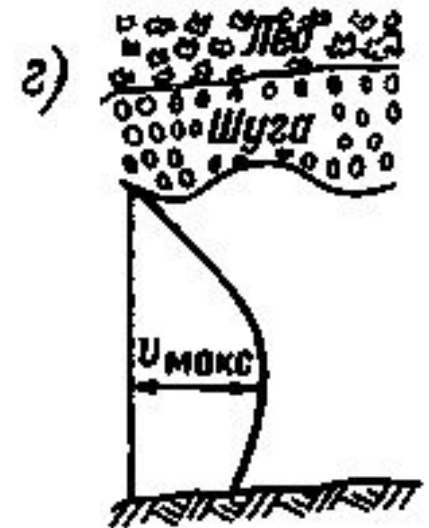
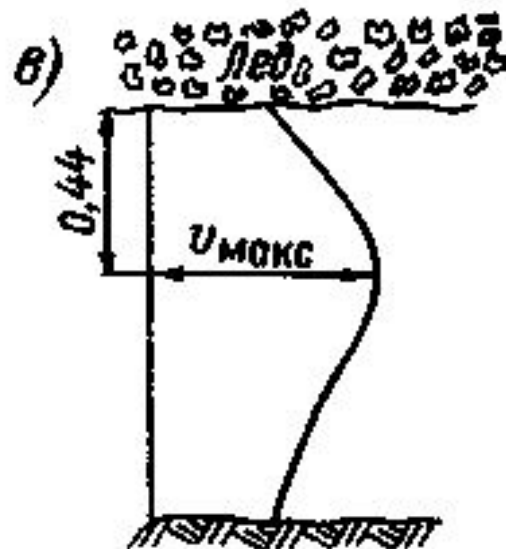
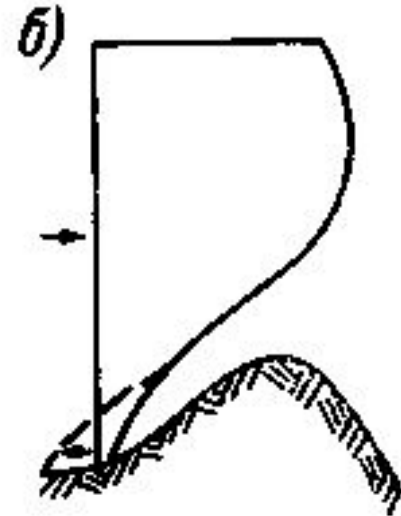
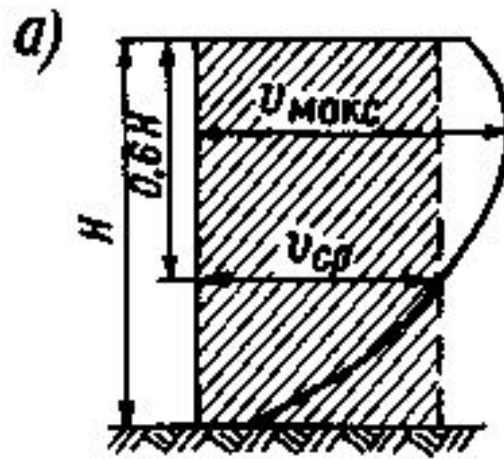
- Изменение скорости по глубине
  - На каждой отдельно взятой вертикали наименьшие скорости наблюдаются у дна, что связано с влиянием шероховатости русла
  - Максимум скорости в открытых потоках достигается у поверхности или на расстоянии  $0,2H$  от поверхности
- Кривые изменения скоростей по вертикали называются годографами или эпюрами скоростей

# Эпюры скоростей.

а — открытое русло, б — перед препятствием, в — ледяной покров, г — скопление шуги.

■ На распределение скоростей по вертикали (на форму эпюры) влияют

- неровности в рельефе дна
- ледяной покров
- ветер и водная растительность

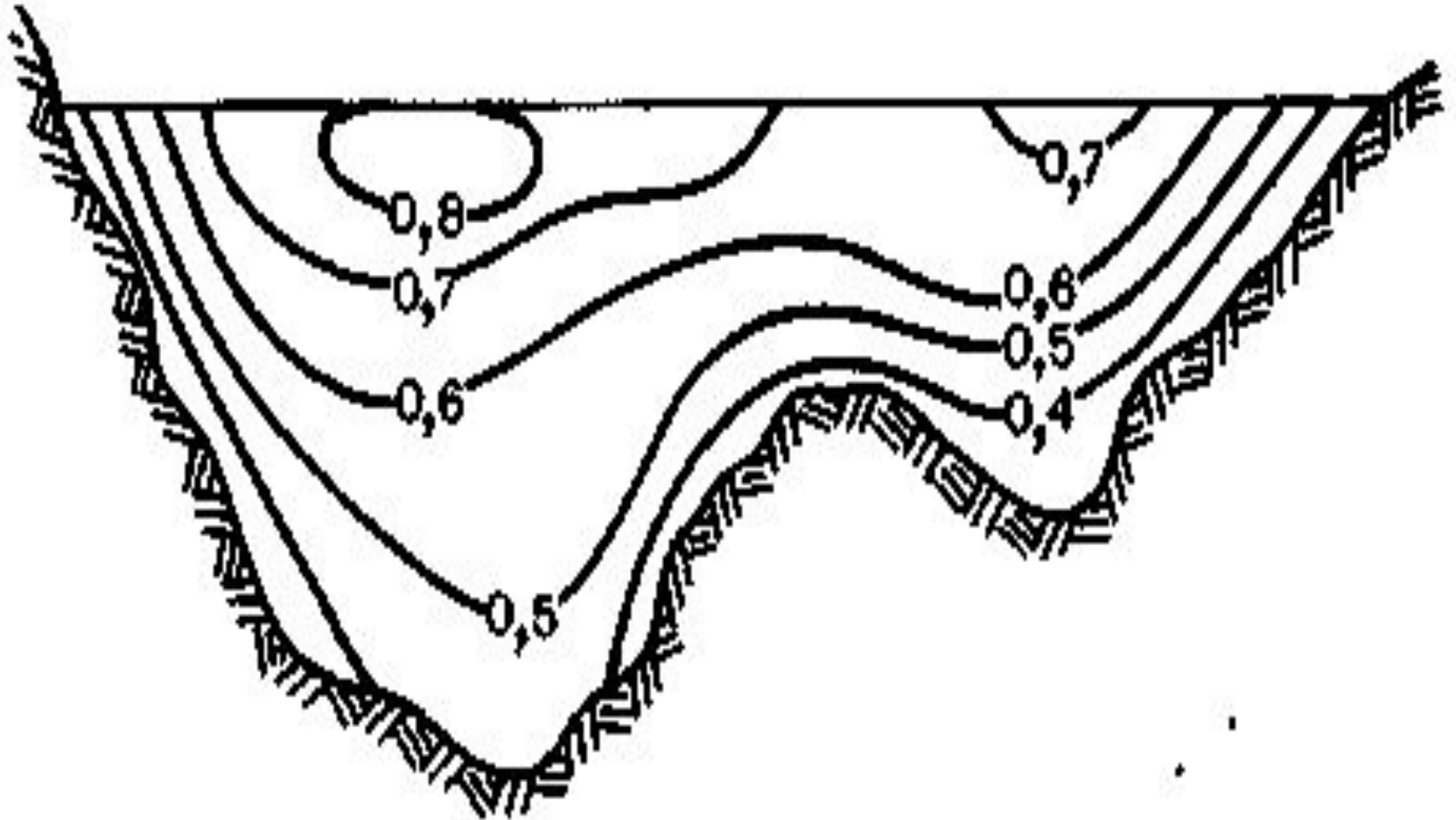




# Изменение скорости течения по ширине потока

- Скорости поверхностная и средняя на вертикалях меняются плавно, в основном повторяя распределение глубин в живом сечении: у берегов скорость меньше, в центре потока она наибольшая
- Линия, соединяющая точки на поверхности реки с наибольшими скоростями, называется **стрежнем**
- Наглядное представление о распределении скоростей в живом сечении можно получить построением **изотах**

# Изоахи в живом сечении речного потока



## Средняя скорость на вертикали

- Вычисляется делением площади эпюры скоростей на глубину вертикали или при наличии измеренных скоростей в характерных точках по глубине ( $V_{\text{пов}}, V_{0,2}, V_{0,6}, V_{0,8}, V_{\text{дон}}$ ) по одной из эмпирических формул, например

$$v_{\text{ср. верт}} = 0,5 (v_{0,2H} + v_{0,8H}).$$

# Средняя скорость в живом сечении. Формула Шези

$$v_{\text{ср}} = C \sqrt{H_{\text{ср}} I},$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6},$$

- $C$  – эмпирический коэффициент Шези, определяется по формуле Маннинга
- $n$  — коэффициент шероховатости, находится по специальным таблицам М. Ф. Срибного

# Питание и водный режим рек

- Закономерно повторяющиеся изменения во времени взаимосвязанных характеристик водного потока — расхода и уровня воды, уклона водной поверхности, скоростей течения — определяют водный режим реки

# Фазы водного режима

- Половодье
- Паводки
- Межень

# Половодье

- Ежегодно повторяющийся в один и тот же сезон продолжительный и высокий подъем уровня и расхода воды, обусловленный поступлением воды от главного источника питания реки, обычно сопровождается затоплением поймы
- Может быть как снегового или снеголедникового, так и дождевого происхождения.

# Паводки

- В отличие от половодья характеризуются непродолжительным и быстрым подъемом воды, вызванным ливневыми дождями в теплый период или оттепелями зимой
- Возникают нерегулярно, хотя в некоторых климатических условиях наблюдаются в определенные сезоны года



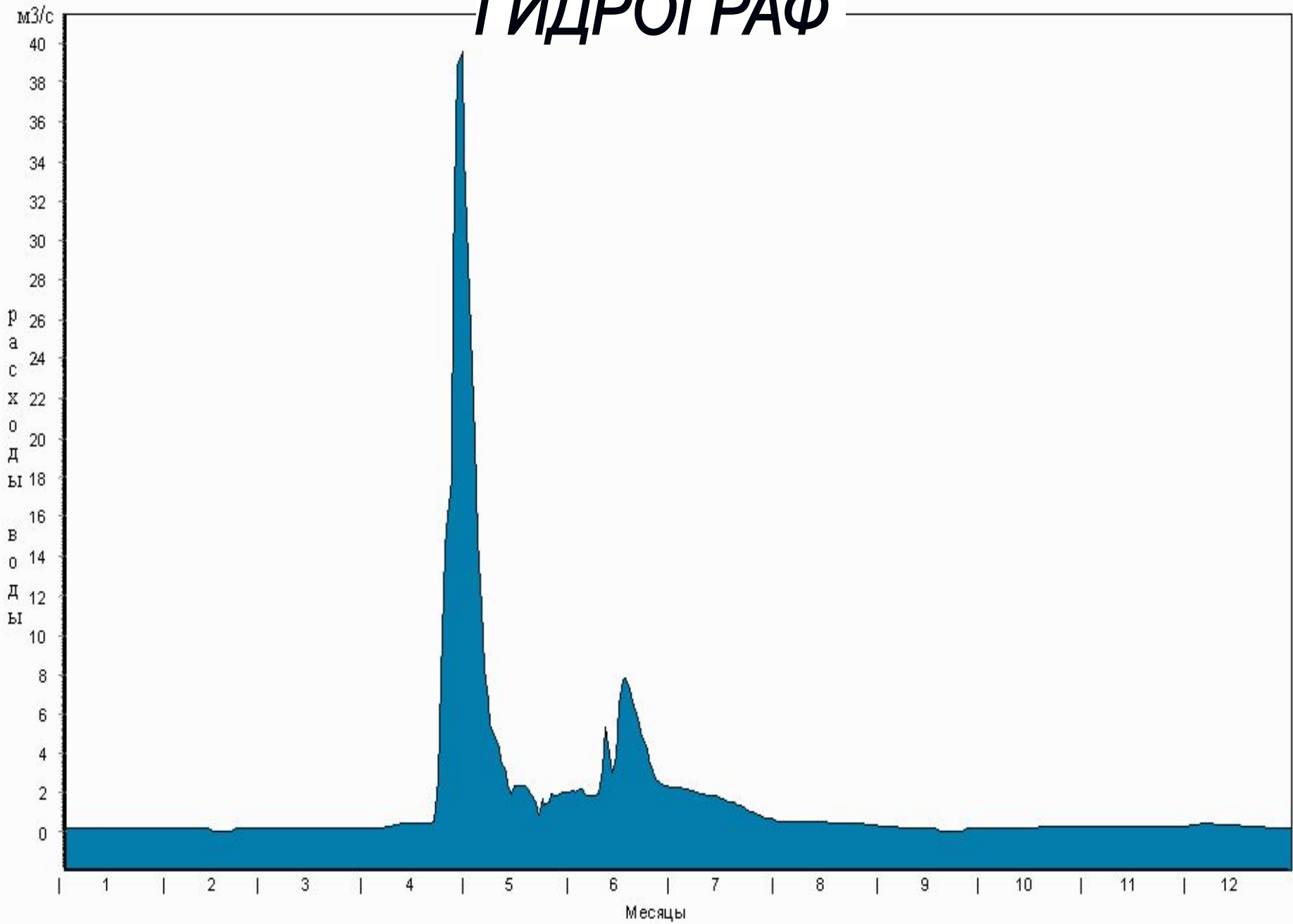
# Межень

- Период низкой водности, когда река питается преимущественно подземными водами
- Летняя межень наблюдается на реках, где снег сходит весной, а летние дожди не настолько значительны, чтобы вызвать подъем уровня воды
- Зимняя межень свойственна рекам районов с устойчивой отрицательной температурой воздуха зимой

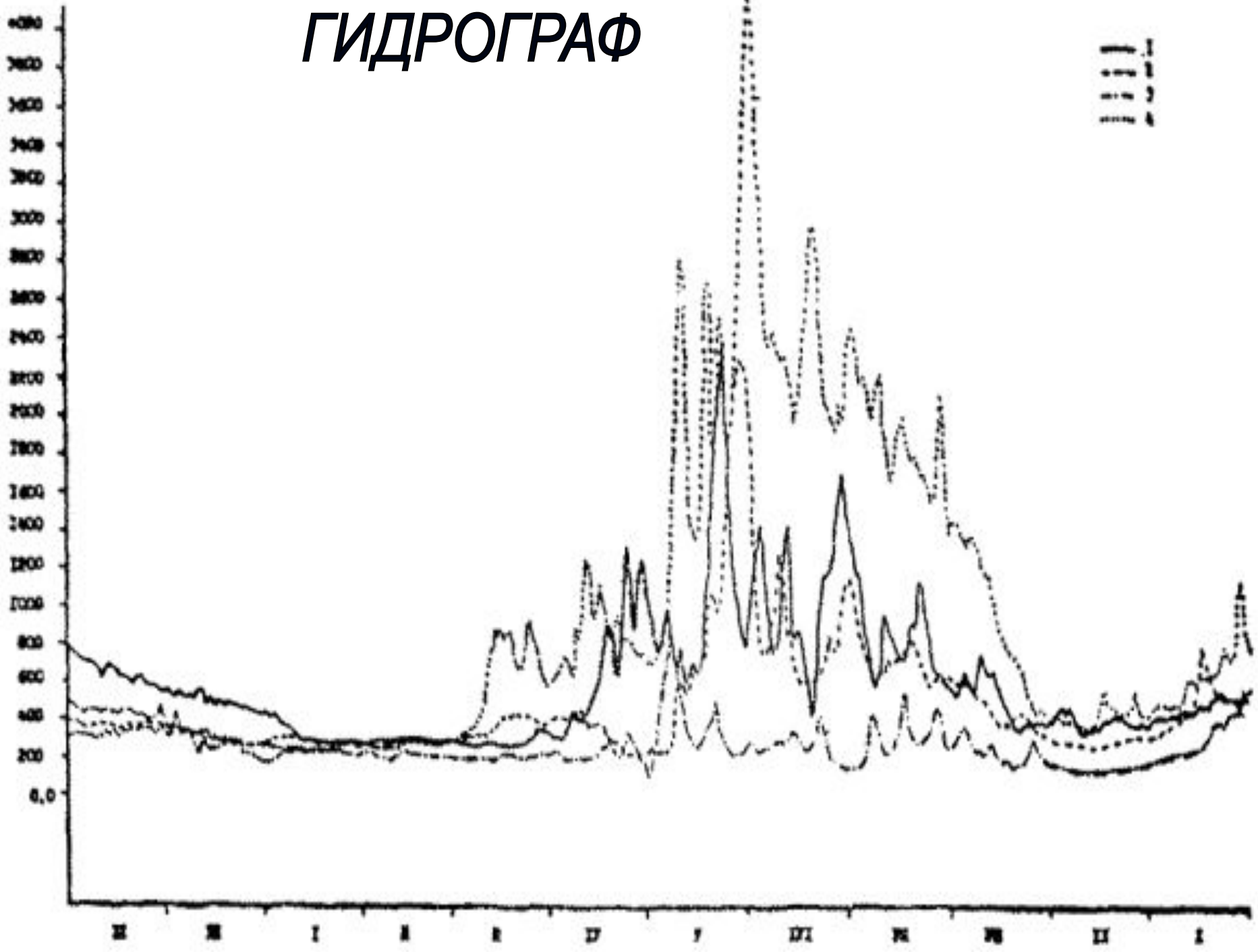
# Речной сток

- Речной сток – количество воды, протекающее в речном русле за какой –либо период времени
- Расход воды – объем воды – протекающий через живое сечение потока в единицу времени ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

# ГИДРОГРАФ



# ГИДРОГРАФ



# Речной сток

- Площадь, ограниченная линией гидрографа и осью абсцисс, выражает собой объем воды, прошедший через данное живое сечение реки в течение определенного периода (сут., дек., мес., год); этот объем воды называют стоком воды за рассматриваемый период

# Характеристики речного стока

- Объем стока  $W$  м<sup>3</sup> или км<sup>3</sup> — количество воды, стекающей с водосбора за промежуток времени  $T$  суток

$$W = 86\,400 \bar{Q} T \text{ [м}^3\text{]} = 8,64 \cdot 10^{-5} \bar{Q} T \text{ [км}^3\text{]}$$

- где  $Q$  — средний расход в м<sup>3</sup>/с за время  $T$  суток; 86400 — число секунд в сутках

# Характеристики речного стока

- Модуль стока  $M$  (л/с • км<sup>2</sup>) — количество воды, стекающей с единицы площади водосбора в единицу времени, определяется по формуле:

$$M = \frac{Q \cdot 10^3}{F};$$

- где  $F$  — площадь водосбора, км<sup>2</sup>,  $10^3$  — переводной коэффициент из метров кубических в литры.

# Характеристики речного стока

- Слой стока  $Y$  — количество воды, стекающей с водосбора за какой-либо интервал времени, равное толщине слоя, равномерно распределенного по площади этого водосбора

$$Y = \frac{86,4TQ}{F}.$$

- Слой стока за год в миллиметрах

$$Y = 31,54M.$$



# Характеристики речного стока

- Коэффициент стока  $\eta$  — отношение величины слоя стока с данной площади за некоторый промежуток времени к величине слоя атмосферных осадков, выпадающих на эту площадь за тот же промежуток времени

$$\eta = Y/X, 0 \leq \eta \leq 1$$

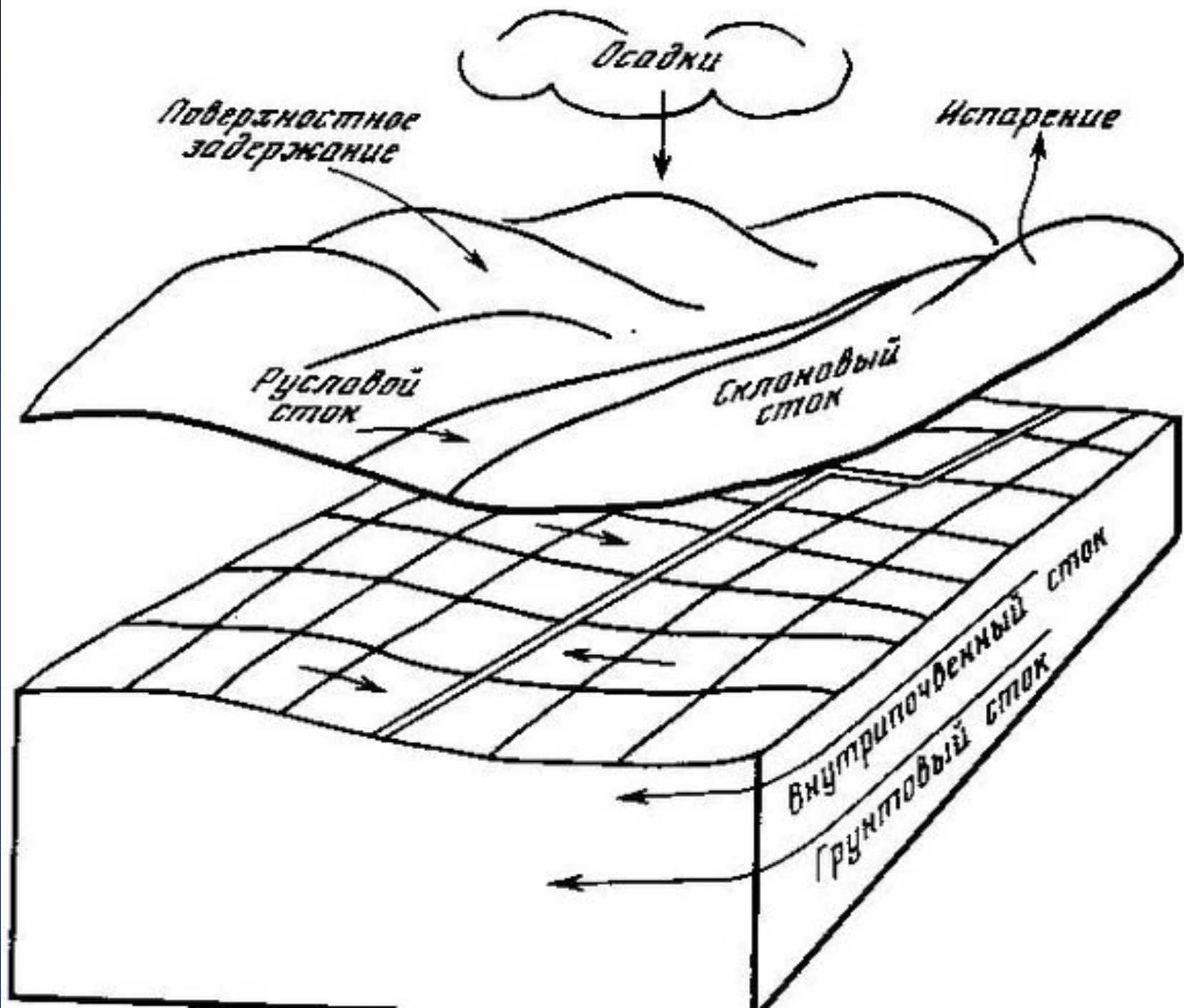
- Коэффициент стока — величина безразмерная

# Формирование стока рек

- Уравнения водного баланса для суши

$$E_c = P_c - R,$$

- где  $E_c$  — испарение с поверхности суши,  $P_c$  — осадки на ее поверхность,  $R$  — сток □
- **Важнейший фактор формирования стока - климат**; сток является функцией осадков и испарения, т. е. гидрометеорологических компонентов географического ландшафта, отражающих то соотношение тепла и влаги, которое свойственно данной географической зоне
- Все остальные элементы ландшафта, или факторы подстилающей поверхности, влияют на сток не непосредственно, а через осадки и испарение



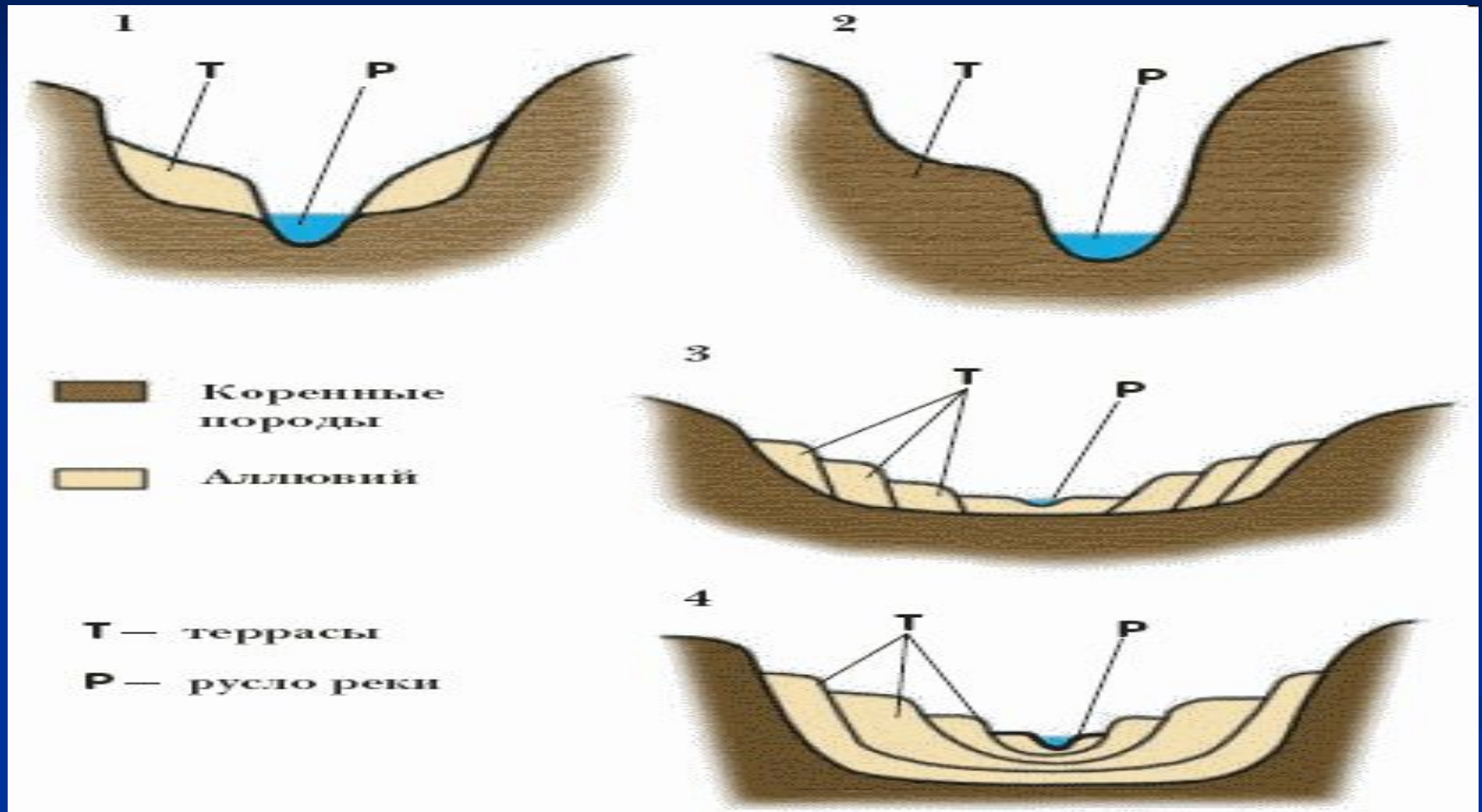
# Понятие о норме стока

- Норма годового стока - средняя арифметическая его величина, вычисленная за длительный период, включающий не менее двух полных циклов колебаний стока.

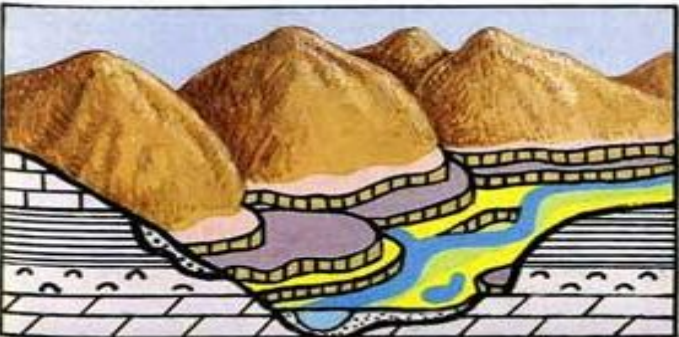
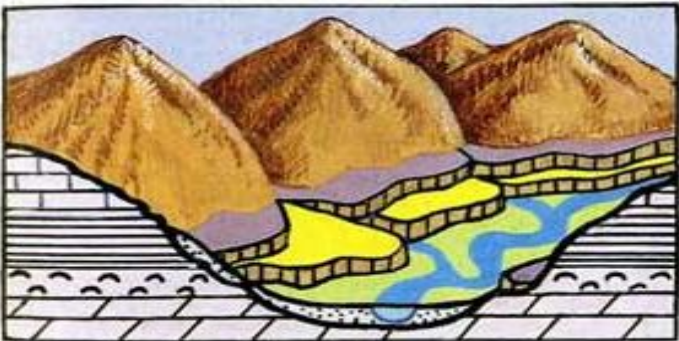
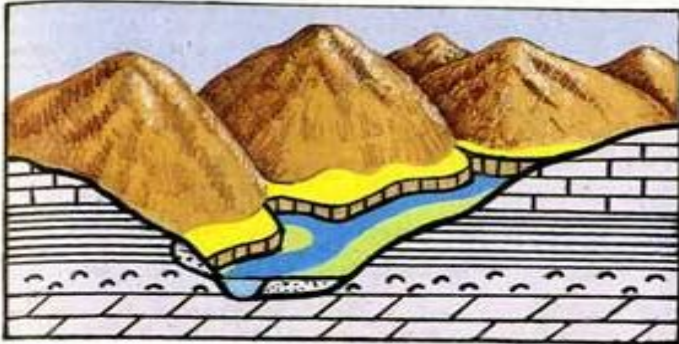
# Энергия и работа рек

- Вода, стекающая по поверхности земли и переносимая реками, обладает энергией, т. е. способностью производить работу
- Энергия затрачивается
  - на преодоление трения между частицами воды, трения о земную поверхность, о дно и берега русел
  - на перенос наносов во взвешенном и влекомом состоянии
  - на перенос растворенных веществ и истирание твердых частиц
- В результате этой работы происходят процессы эрозии и аккумуляции наносов, что приводит к изменению форм земной поверхности, очертаний и глубин речных русел

# Речная эрозия



# Формирование речных террас



-  низкая пойма
-  высокая пойма
-  1-я терраса
-  2-я терраса
-  уступы террас и пойм
-  река
-  старичное озеро

- 
  - 
  - 
  - 
- } различные  
горные  
породы

# Речные наносы

- Твердые частицы, образованные в результате эрозии водосборов и русел, переносимые водотоками и формирующие их ложе, называются речными наносами
- Речные наносы разделяют на взвешенные и влекомые или донные (при изменении скорости течения одна категория наносов быстро переходит в другую - чем больше скорость потока, тем крупнее могут быть взвешенные частицы, при уменьшении скорости более крупные частицы опускаются на дно, становясь влекомыми)



# Речные наносы

- Количество взвешенных наносов, проносимых потоком через живое сечение реки в единицу времени (секунду), составляет расход взвешенных наносов ( $R$  кг/с)
- Количество взвешенных наносов, проносимое через живое сечение реки за большой промежуток времени (сутки, месяц, сезон, год и т. д.), — сток взвешенных наносов
- Измерение расхода взвешенных наносов основано на определении мутности воды, т. е. весового содержания наносов в единице объема
- Большинство рек РФ имеет среднюю мутность  $50$  г/м<sup>3</sup>

# Химический состав речных вод

- В зависимости от преобладающего аниона речные воды делят на три класса (О. А. Алекин):
  - Гидрокарбонатные и карбонатные
  - Сульфатные
  - Хлоридные
- В каждом классе по преобладающему катиону выделяются три группы:
  - Кальциевая
  - Магниева
  - Натриевая
- Большинство рек РФ принадлежит к гидрокарбонатному классу, к группе кальциевых вод.

# Химический состав речных вод

- По степени минерализации речные воды подразделяют на четыре группы (О. А. Алекин) :
  - малой минерализации (до 200 мг/л)
  - средней (200—500 мг/л)
  - повышенной (500— 1000 мг/л)
  - высокой (более 1000 мг/л)
- Минерализация речных вод РФ в основном малая и средняя

# Химический состав речных вод

- Распределение речных вод различной минерализации и ионного состава по территории земного шара определяется

- Климатом
- характером растительности
- типом почв
- рельефом

**подчиняется закону географической зональности**

# Термический режим рек

- Тепловой режим реки определяется
  - поглощением тепла прямой солнечной радиации
  - эффективным излучением водной поверхности
  - затратами тепла на испарение
  - его выделением при конденсации
  - теплообменом с атмосферой и ложем русла
- Изменение составляющих теплового баланса реки в течение суток, сезона, года вызывает соответствующие колебания температуры воды в реках.

# Термический режим рек

- Изменения температуры в зависимости от глубины
  - не превышают десятых долей градуса, только летом температуры у дна на 2—3° С ниже, чем у поверхности
- Распределение температуры по ширине
  - Температура воды большинства рек в период нагревания в прибрежной части выше, чем на стрежне, в период охлаждения — ниже.

# Термический режим рек

- В соответствии с естественным тепловым режимом рек их можно разделить на 3 типа:
  - реки очень теплые, без сезонных колебаний температуры
  - реки теплые, с заметным сезонным колебанием температуры, не замерзающие зимой
  - реки с большими сезонными колебаниями температуры, замерзающие зимой
- Наиболее сложный режим у рек умеренных широт

## Ледовый режим рек

- Почти на всех замерзающих реках вдоль берегов происходит образование заберегов
- Одновременно с появлением заберегов при свободной поверхности воды, охлаждаемой за счет потерь тепла в атмосферу, образуется внутриводный лед — скопление ледяных кристаллов в толще воды в виде губчатой непрозрачной массы
- Скопление и рост подобных кристаллов на дне реки и на подводных предметах дают начало образованию донного льда



## Ледовый режим рек

- Шугой называется всплывший на поверхность внутриводный лед в виде комьев и подледных скоплений, в массе которого часто содержится снежура, сало и мелкобитый лед
- На шугоносных реках нередко образуются **зажоры** — закупорка живого сечения реки в период осеннего ледохода или в начале ледостава массой внутриводного и битого кристаллического льда. Выше зажора уровень воды резко повышается, взламывая ледяной покров, и вызывает затопление прилегающих участков долины. Для борьбы с зажорными явлениями прибегают к взрывным и ледокольным работам.

# Ледовый режим рек

- На некоторых реках образуется осенний ледоход, в сужениях русла и на крутых поворотах могут наблюдаться заторы □ подъемы уровня (относительно невелики вследствие малой водности реки в этот период)
- Образование внутриводного льда прекращается с момента установления на реке ледостава
- Ледяной покров на реках Восточной Сибири достигает толщины 1,5—2,0 м и более, в южных районах не превышает 20—40 см
- Продолжительность ледостава - Лена в среднем покрыта льдом 270 дней в году, Эльба у Гамбурга — 39 дней
- Иногда сохраняются участки открытой воды — полыньи (большие скорости течения воды (более 0,6—0,7 м/с), выходы грунтовых вод, сбросы промышленных стоков, если реки вытекают из озера - приток более теплых вод озера)