

ПРЕДМЕТ: | ГИДРОМЕТРИЯ

MAVZU

05

Основы гидрометрического измерения скорости течения ВОДЫ



Назаралиев Дилшод
Валиджанович



Доцент кафедры Гидрология и
гидрогеология

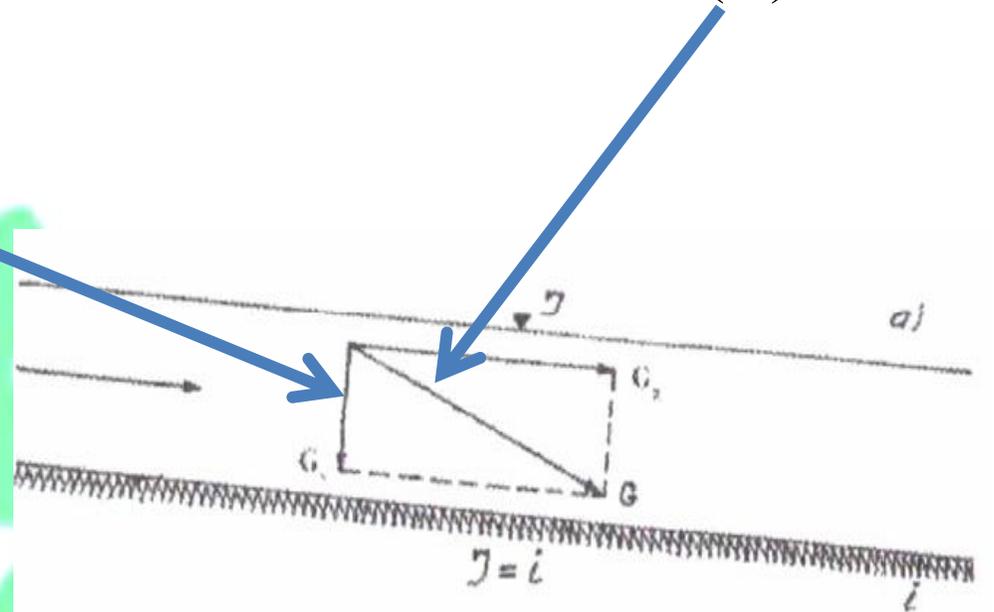
План темы:

- Общие сведения о движении воды
- Турбулентные и ламинарные течения
- Распределения скорости течения воды
- Эпюры скоростей. Изотаха. Распределение скорости по вертикали.

Общие сведения о движении воды в открытых руслах

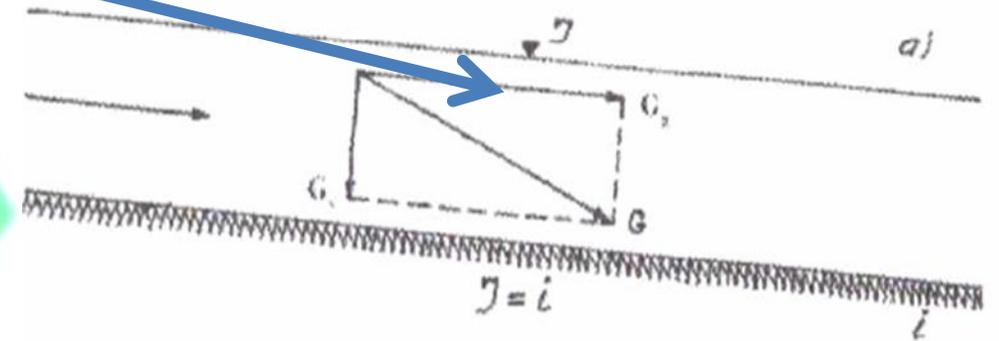
Известно, что вода в русле реки движется под действием силы тяжести (G). Составителями этой силы являются:

- вертикальная сила, действующая перпендикулярно нижней части русла (G_u).



Эта сила уравновешивается силой реакции со стороны дна русла

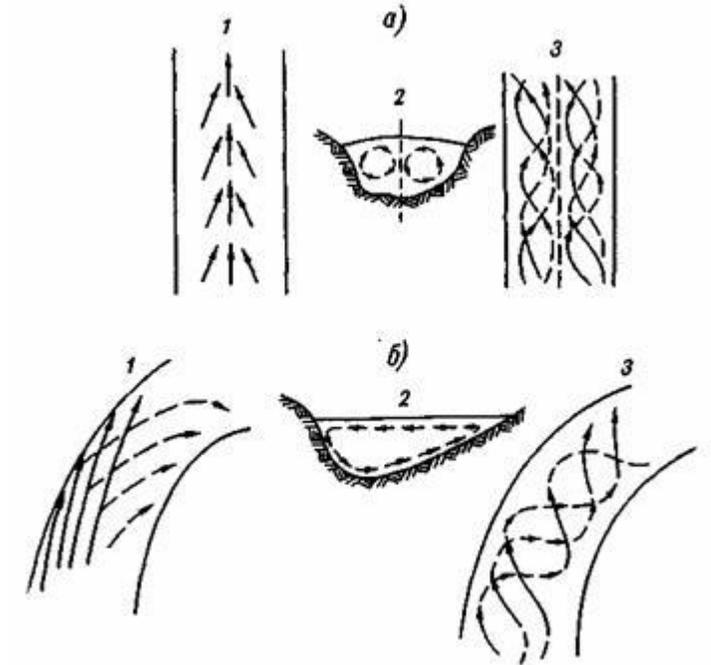
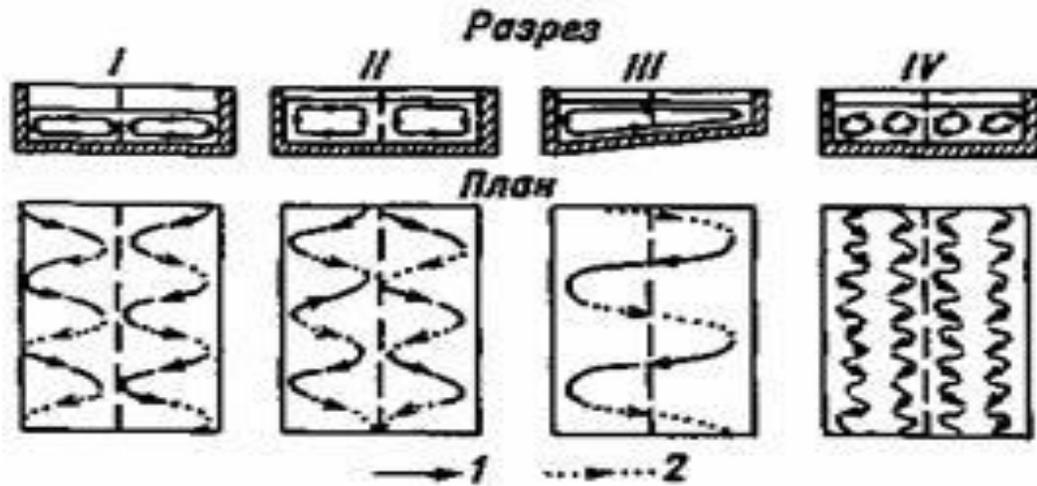
- горизонтальная сила, действующая в направлении, параллельном нижней части русла (G_g).



Эта сила зависит от уклона дна русла и вызывает движение воды в русле

Горизонтальное формирующее сила

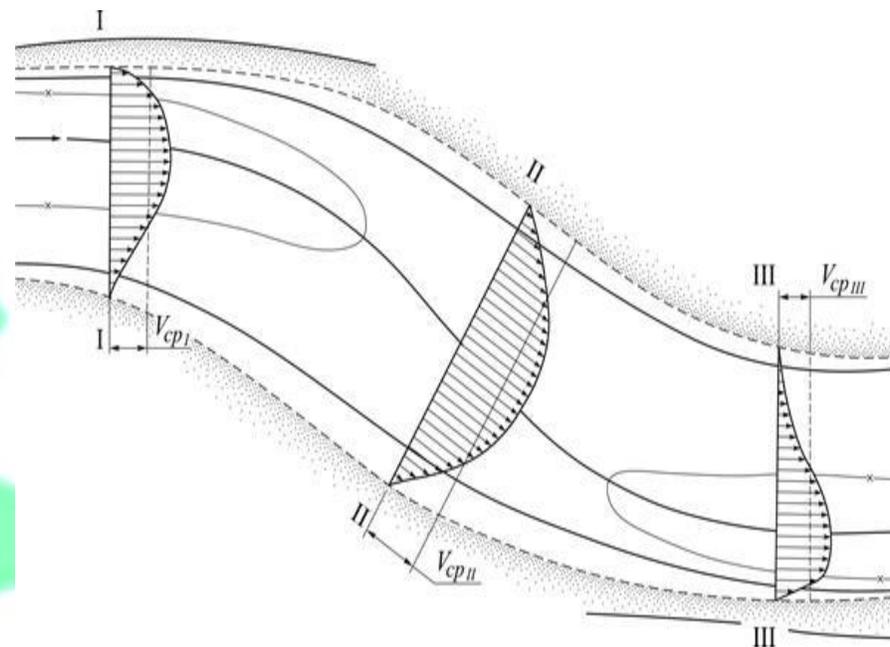
Поскольку горизонтальная сила действует постоянно, вода в реке должна двигаться с ускорением.



Однако этого не произойдет из-за трения между дном ручья и берегами и водными массами.

Скорость течения воды по длине реки

Такие факторы, как уклон русла реки, изменение волнистости русла реки, сужение или расширение русла реки, изменяют баланс движущих и противодействующих сил.

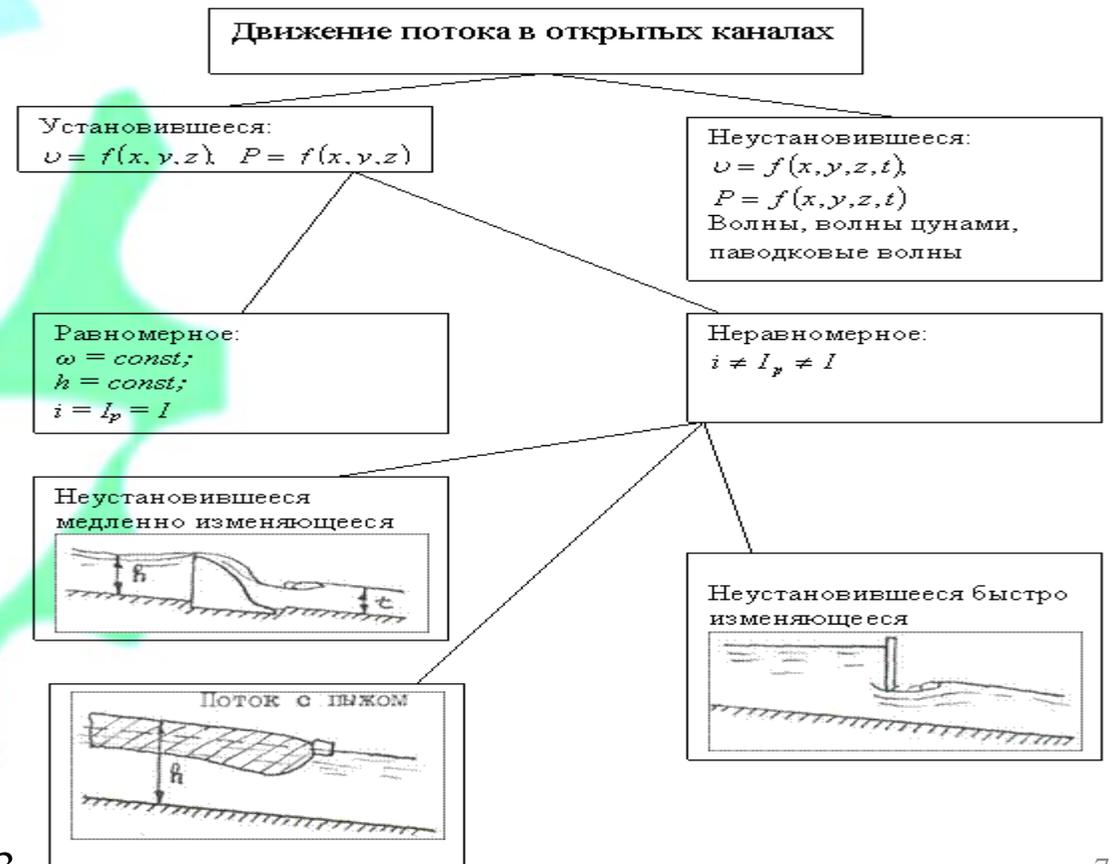


В результате скорость течения воды неодинакова по длине реки.

Типы движения воды в русле реки

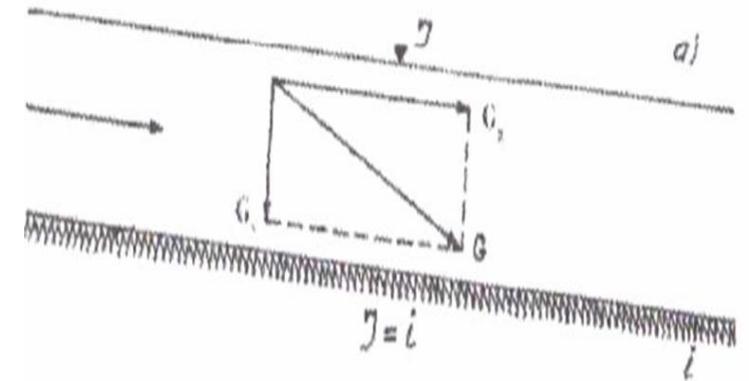
Движение воды, текущей в русле реки, делится на следующие два типа:

- равномерное движение;
- переменная



Равномерное движение, в свою очередь, делится на два — плавное прямолинейное и неравномерно прямолинейное движение.

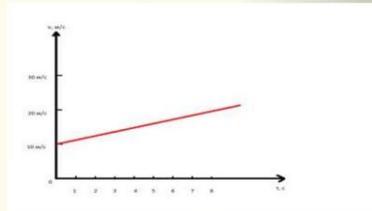
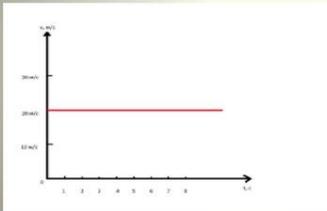
Расход воды (V), площадь живого сечения (W), расход воды (Q) по длине реки при прямолинейном движении является постоянным, то есть наблюдается при одних и тех же значениях.



Графики (скорость)

Равномерное прямолинейное движение

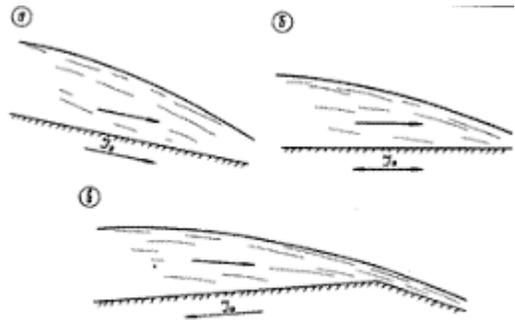
Неравномерное прямолинейное движение



В результате уклон русла реки (i) и уклон уровня воды (J) равны или параллельны друг другу.

Неравномерное движение

При неравномерном движении уклон уровня воды, скорость течения воды и площадь живого сечения изменяются по длине реки.



Неравномерное движение в русле при устройстве плотин



Водосброс



Плотина



Быстроток



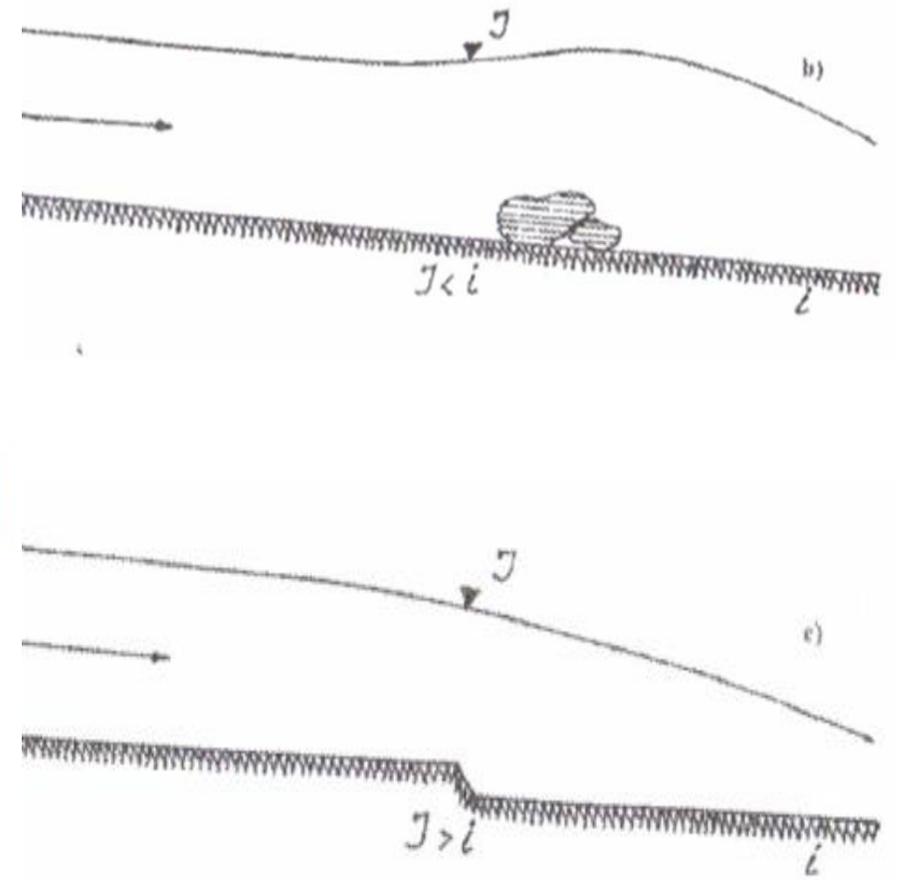
Перепад

<https://ppt-online.org/411742>

Неравномерное движение делится на замедляющее и ускоряющее.

В замедленной движениях уклон уровня воды (J) меньше, чем уклон дна русла (i).

И в его ускоренном движении наблюдается обратное



Все гидравлические элементы потока в переменном движении:

Скорость течения воды (V), живая площадь поперечного сечения (w), расход воды (Q) и т. д. будет варьироваться в зависимости от длины реки и времени.

Такое движение наблюдается в реках в период половодья, в гидротехнических сооружениях, особенно в нижних бьефах плотин водохранилищ.

Важность измерения скорости воды



при определении расхода
воды



при проектировании и
строительстве
гидротехнических
сооружений



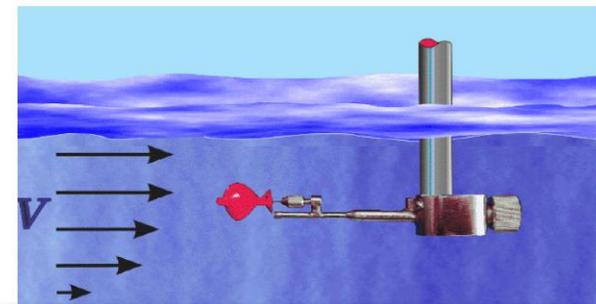
в решении научных
и практических вопросов

Цель измерения скорости

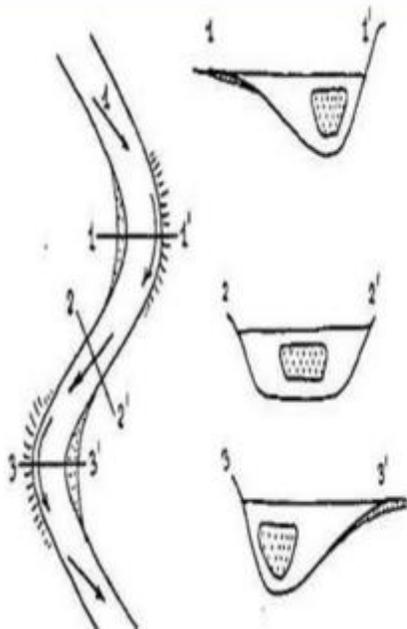
Расчёт основного элемента водного режима - расхода воды, для этого необходимо определить скорость течения воды в русле

Точное определение расхода воды для развитие отраслей народного хозяйства

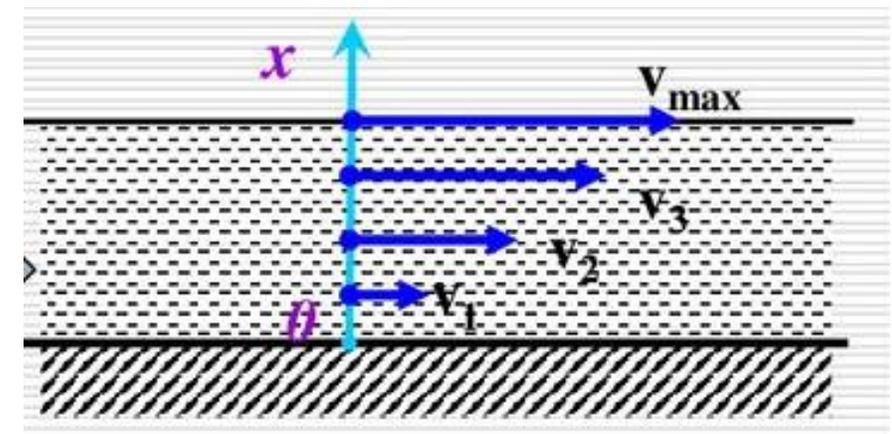
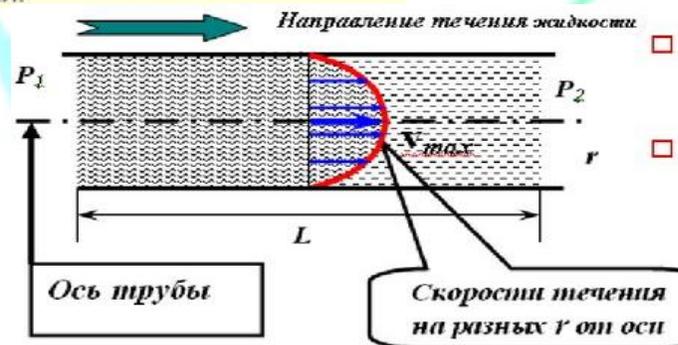
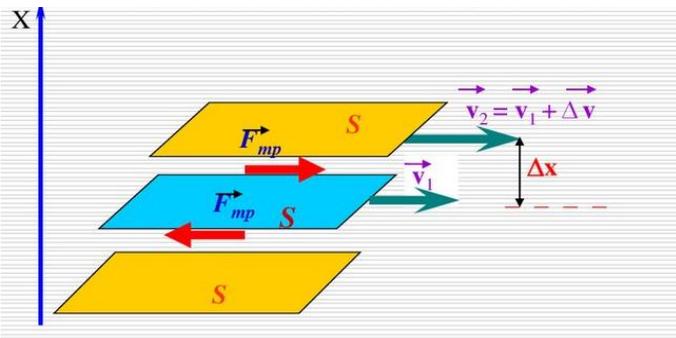
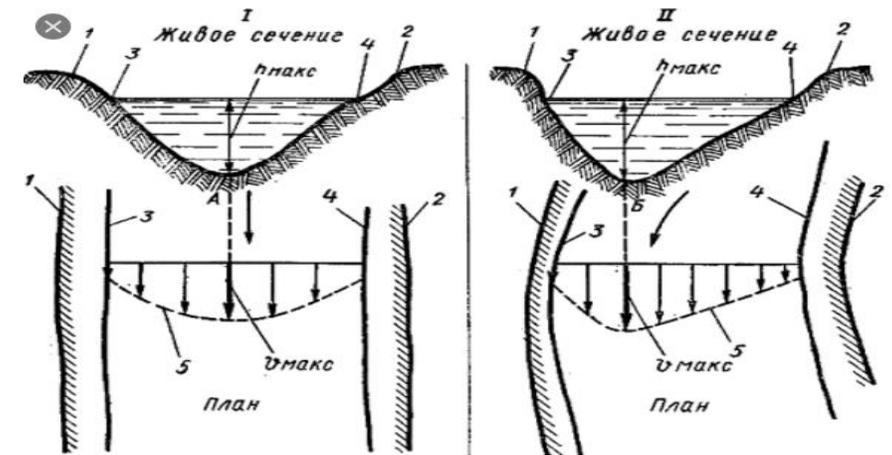
Поскольку при проектировании, строительстве и эксплуатации различных гидротехнических и водохозяйственных сооружений необходимо учитывать расход воды.



Расстояние, пройденное массой воды в русле реки в единицу времени, представляет собой скорость течения воды



- 1) градиентом уклона русла;
 - 2) расходом водного потока;
 - 3) формой русла.
- Чем больше уклон, тем быстрее течение реки.
 - Максимальные скорости течения воды в реке в плане и в разрезе:
 - 1 – стрежень,
 - 1-1'; 2-2'; 3-3' – линии поперечных профилей через реку.
 - Точками показано сечение реки с максимальной скоростью течения.

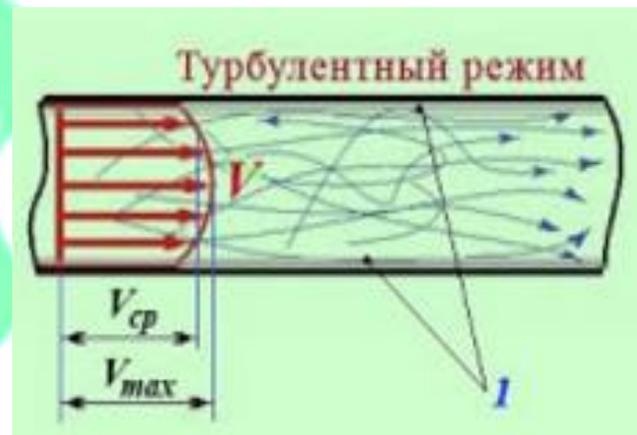
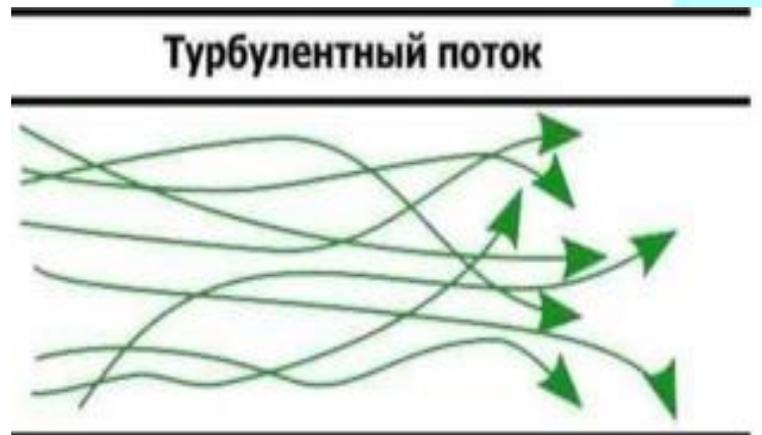


Причина в сложном распределении скорости ВОДЫ

Скорость воды
очень сложно
распределяется по
живому

Потому
что

В большинстве
случаев водная масса
в русле реки движется
в турбулентном
режиме



Ламинарные и турбулентные движения

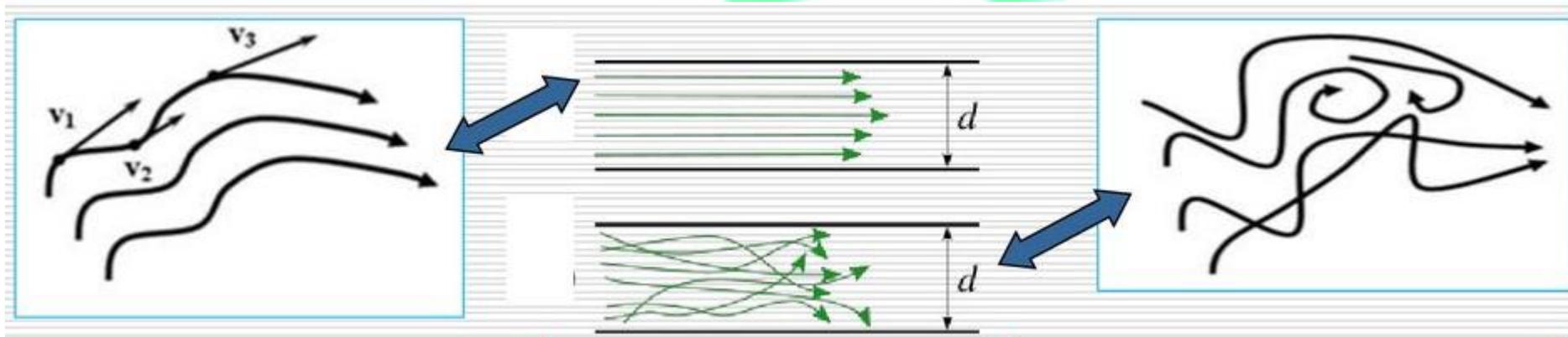
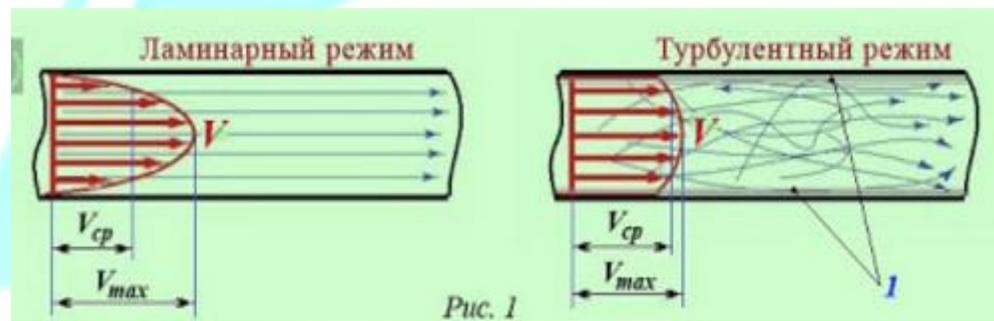
Движение жидкостей в целом

ламинар

и

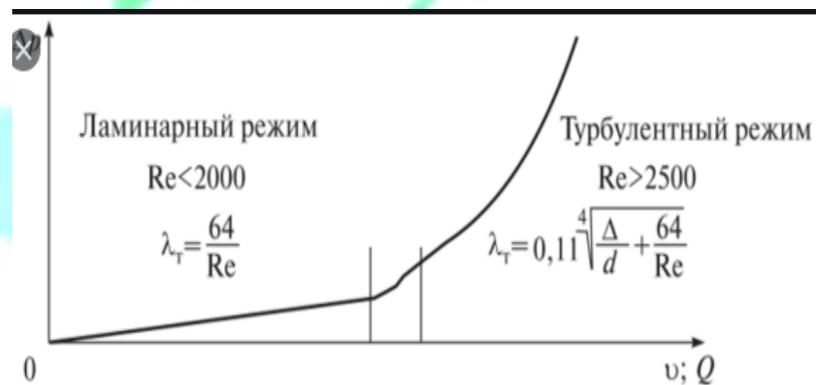
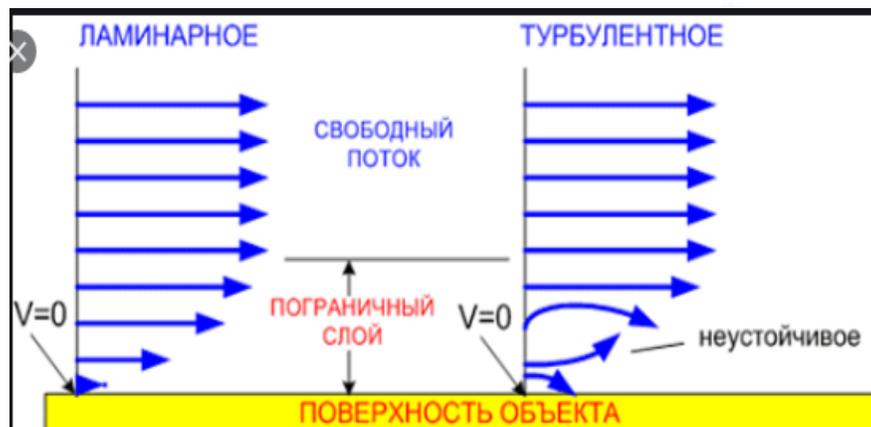
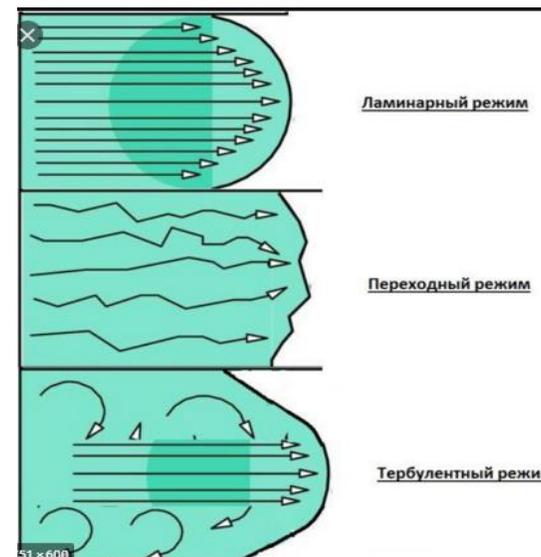
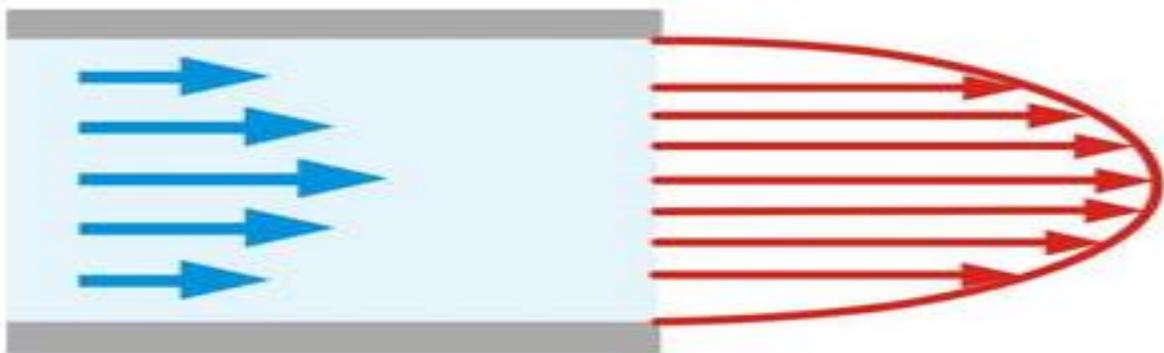
турбулент

делится на действия режима

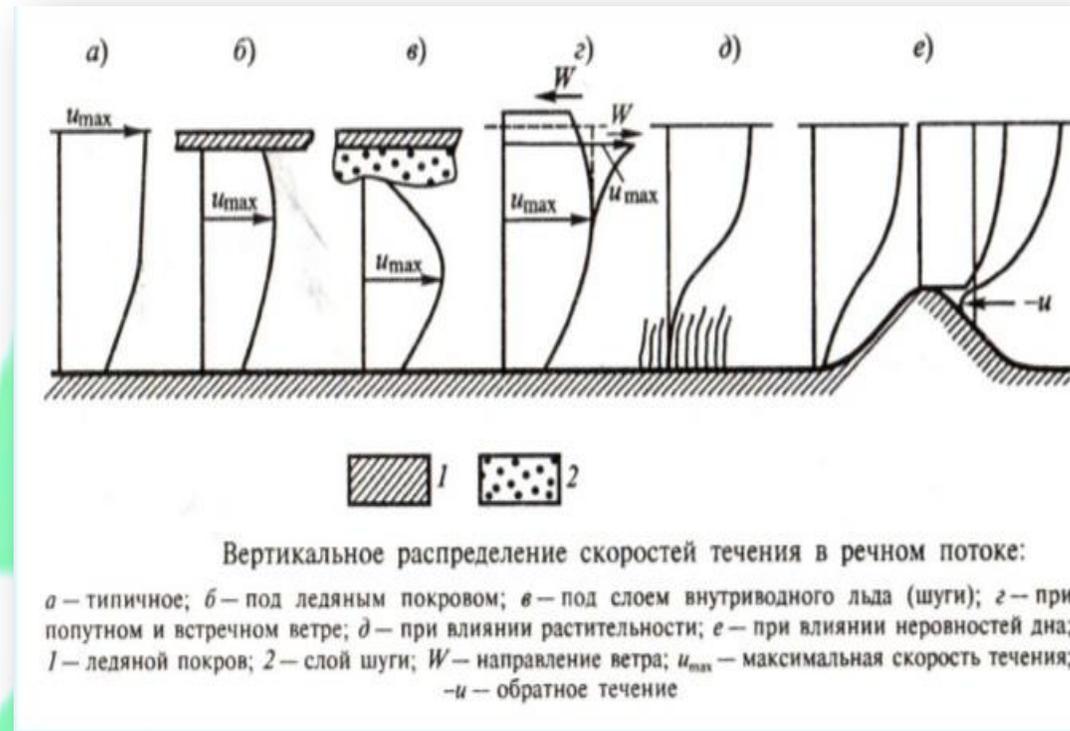


Движение в ламинарном режиме

При ламинарном движении слои и частицы, составляющие жидкую массу, движутся в одном направлении, параллельно друг другу.



Скорость потока зависит от глубины и формы русла и распределяется по живому сечению неравномерно.



Например, характеристики течения на прямолинейных участках отличаются от течения с меандром.

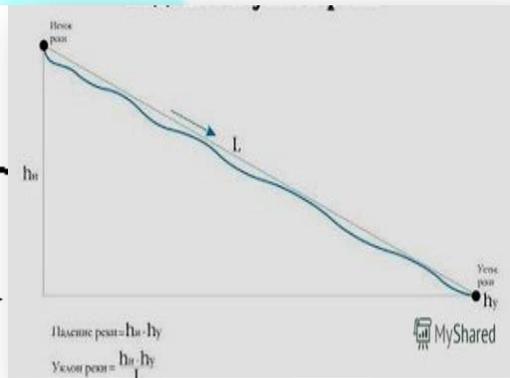
Факторы влияющие на распределение скорости течения



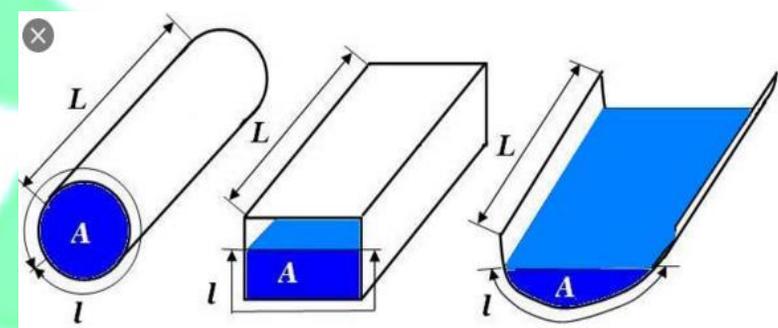
Факторы влияющие на распределение скорости течения



уклона дна



шероховатости русла



L длина канала
 l смоченный периметр
 A площадь потока
 R гидравлический радиус
$$R = \frac{A}{l}$$

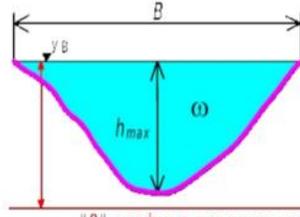
Факторы влияющие на распределение скорости течения

Водное сечение речного потока

Элементы водного сечения

- ✓ Площадь живого сечения - ω
- ✓ Ширина русла - B
- ✓ Смоченный периметр - P
- ✓ Гидравлический радиус: $R = \omega/P$
- ✓ Максимальная глубина - h_{max}
- ✓ Средняя глубина: $h_{cp} = \omega/B$

Элементы водного сечения не остаются постоянными. Величины их находятся в прямой зависимости от уровня воды в реке.



"0" графика водомерного поста

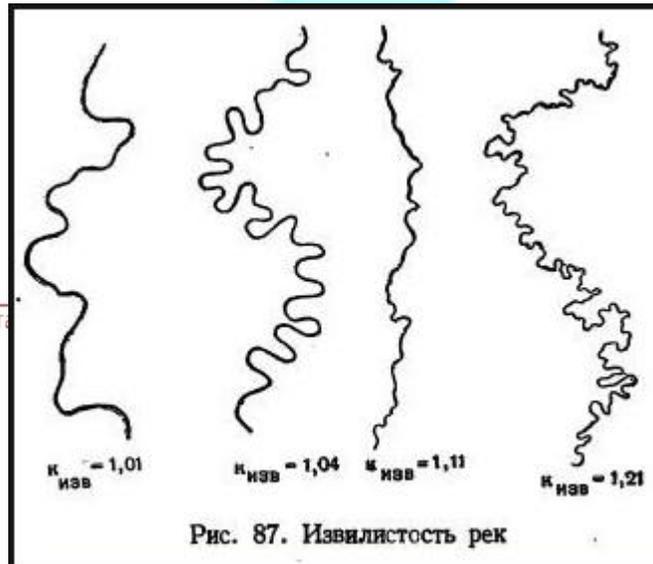
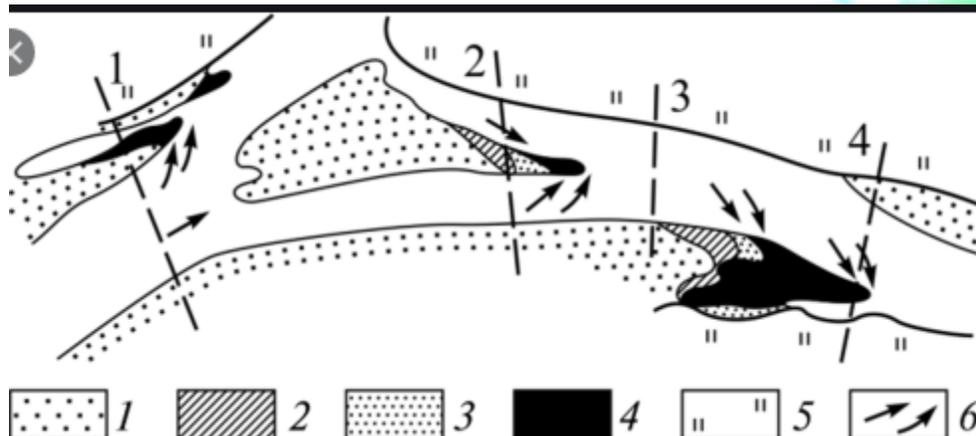
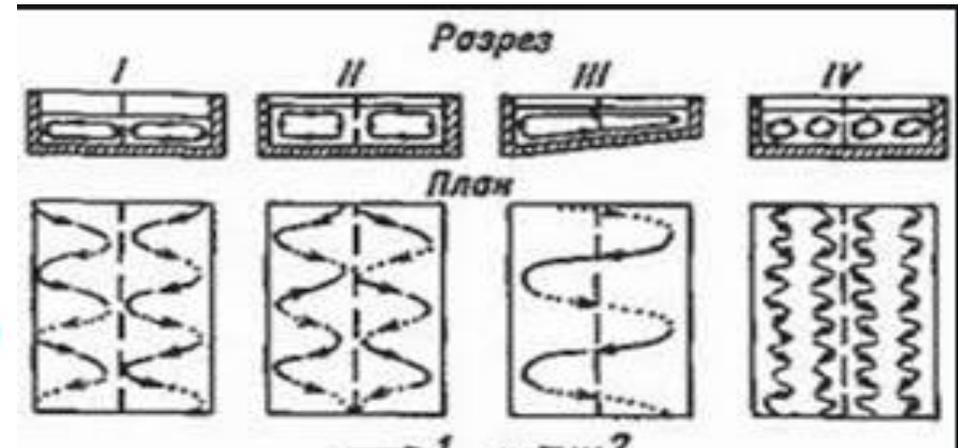


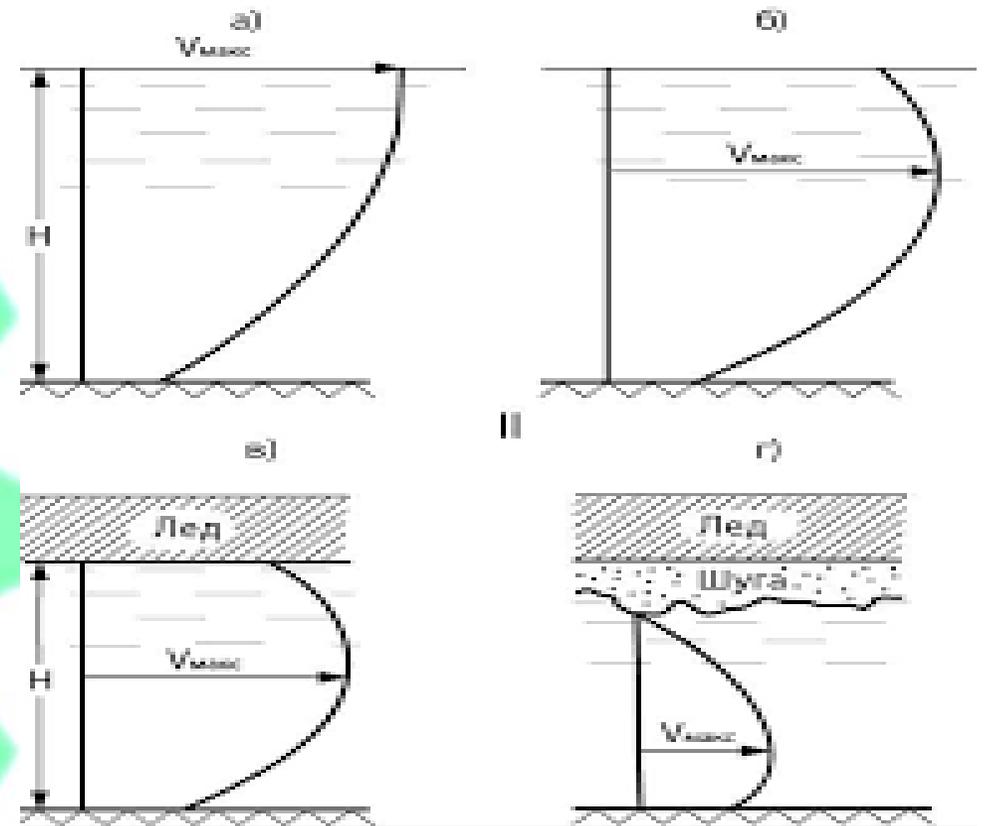
Рис. 87. Извилистость рек



русловых образований (плесов, перекатов, гряд и т.п.)

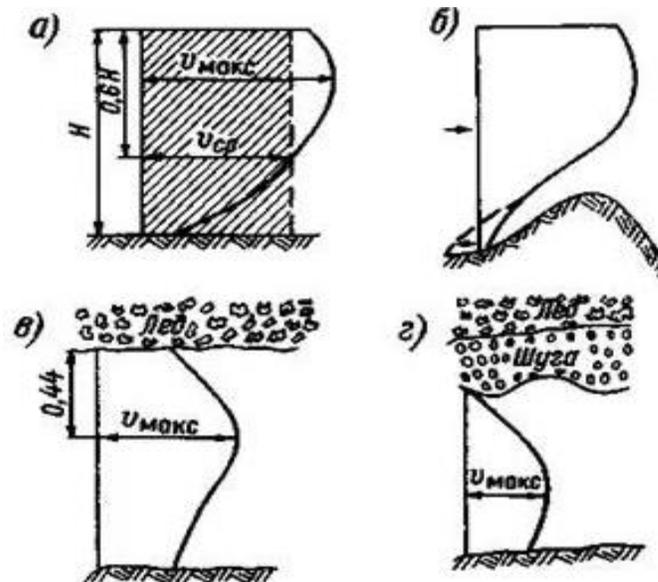
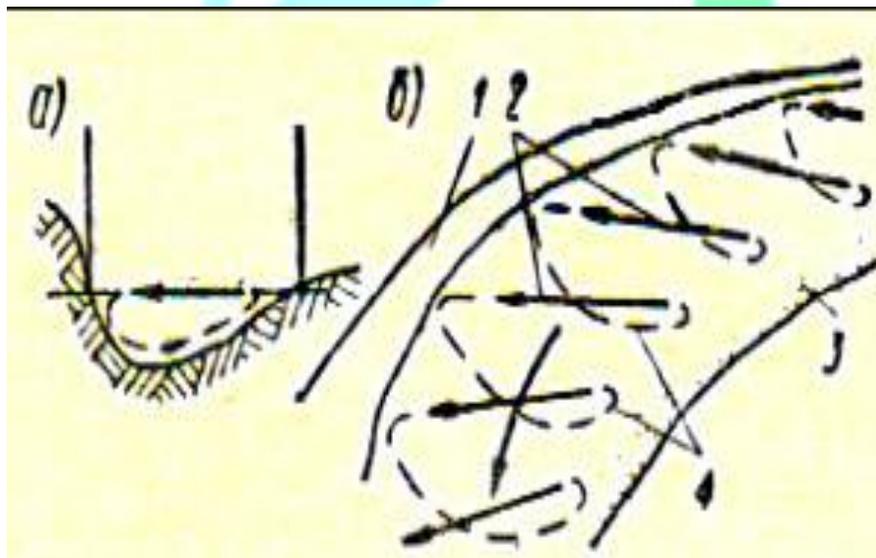
Распределение продольных скоростей на различных глубинах по вертикали

Если от направления вертикали отложить значения скоростей и соединить их концы плавной линией, то эта линия будет представлять собой профиль скоростей



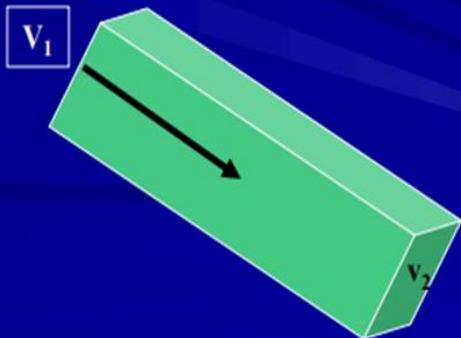
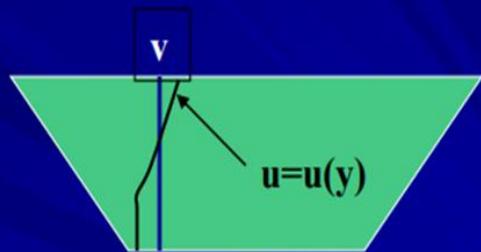
Изменение и различия скоростей

В одной и той же точке скорость течения непостоянна, она непрерывно колеблется — пульсирует, изменяясь по числовому значению и по направлению.



Местные и мгновенные скорости

$$u = u(x, y, z)$$



В связи с
наличием
пульсации
скоростей в
гидрометрии

различают

мгновенную
скорость

осредненную
местную
скорость

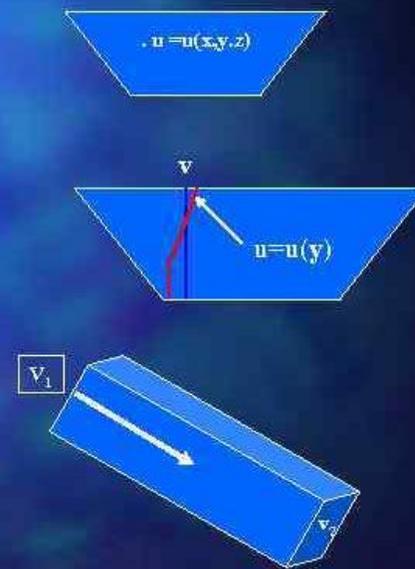
Мгновенный скорость

Мгновенной скоростью (u) называется скорость в данной точке в данное мгновение.

Мгновенная скорость изменяется во времени по величине и по направлению.

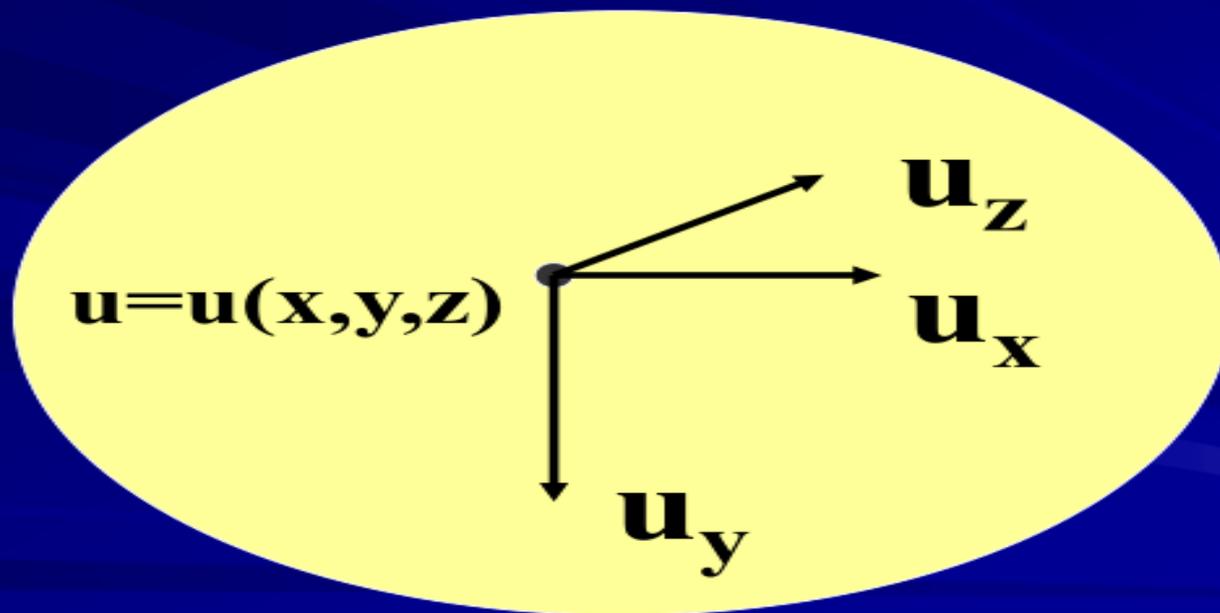
Скорость движения воды

- в конкретной точке потока – местная скорость u , м/с
- средняя скорость по глубине водного потока v , м/с
- средняя скорость в поперечном сечении реки V , м/с



Компоненты мгновенной скорости

В гидрометрии обычно рассматривают не сам вектор мгновенной скорости, а его компоненты в прямоугольной системе координат.



Проекция вектора мгновенной скорости

При этом одну из координатных осей направляют горизонтально вдоль продольной оси потока.

Проекцию вектора мгновенной скорости на эту ось называют продольной составляющей или продольной скоростью.

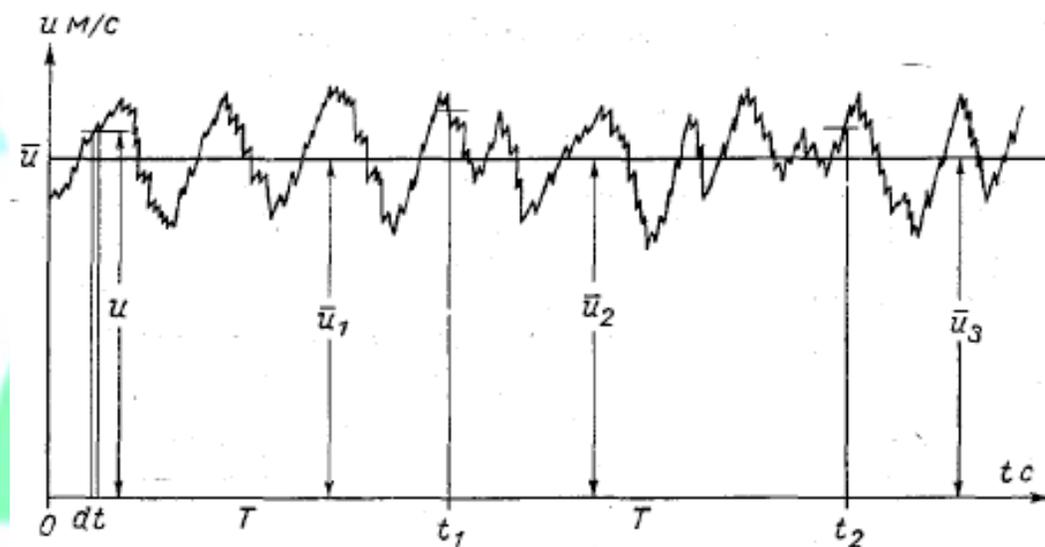


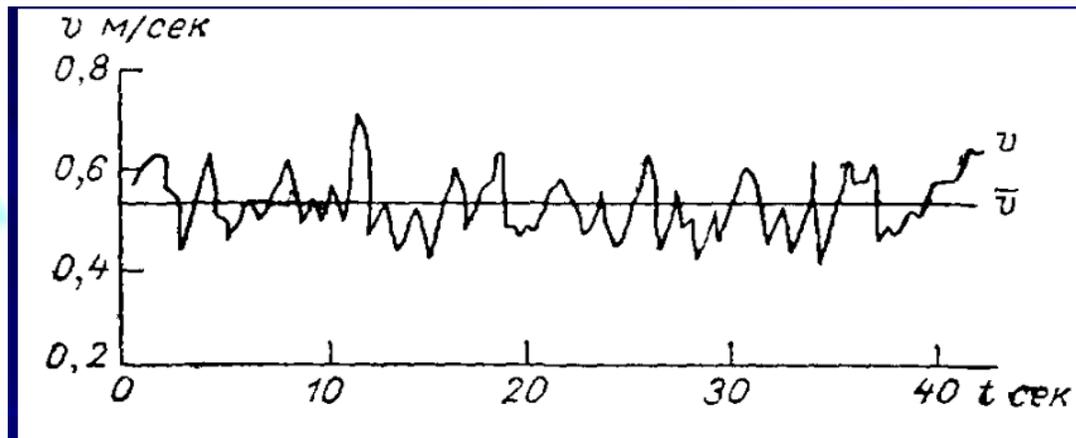
Рис. 10.1. График пульсации продольной составляющей скорости течения воды.

Проекцию же вектора на вертикальную ось называют вертикальной составляющей или вертикальной скоростью.

В практической гидрометрии, как правило, приходится иметь дело со скоростями течения, осредненными во времени.

Продолжительность периода осреднения зависит от степени турбулентности потока: чем больше турбулентность, тем больше период осреднения.

Допустимым периодом осреднения считается 100 секунд. Если за это время скорость течения не стабилизировалась, продолжительность измерения увеличивают.

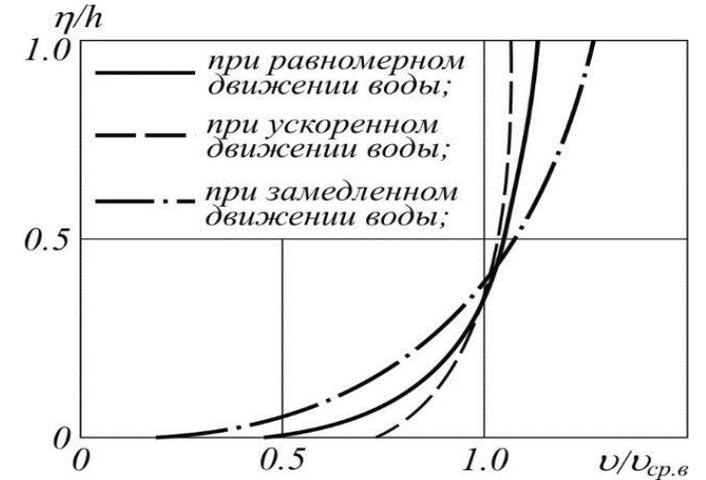
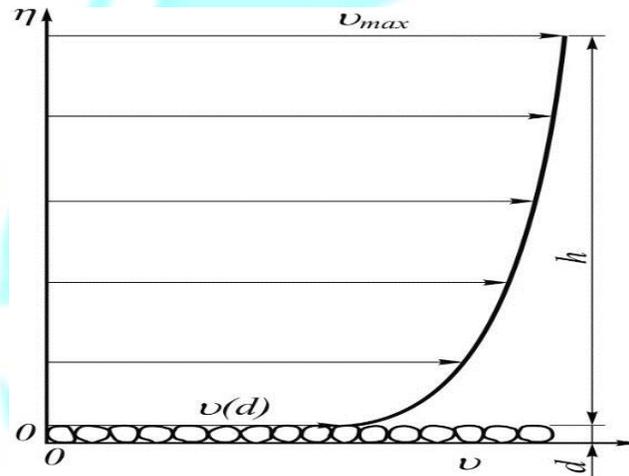
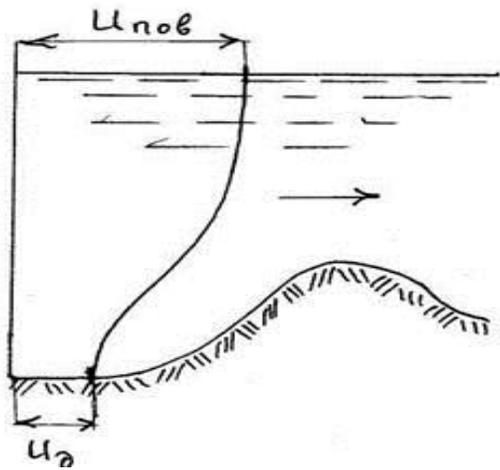


Для рек характерен турбулентный режим движения воды, и скорость течения в любой точке речного потока подвержена турбулентным пульсациям

осредненной – скорость в точке за достаточно продолжительный период времени.

Эпюра скоростей

Фигура, ограниченная профилем скоростей, направлением вертикали, линиями поверхности воды и дна, называется эпюрой скоростей



Виды эпюры скоростей

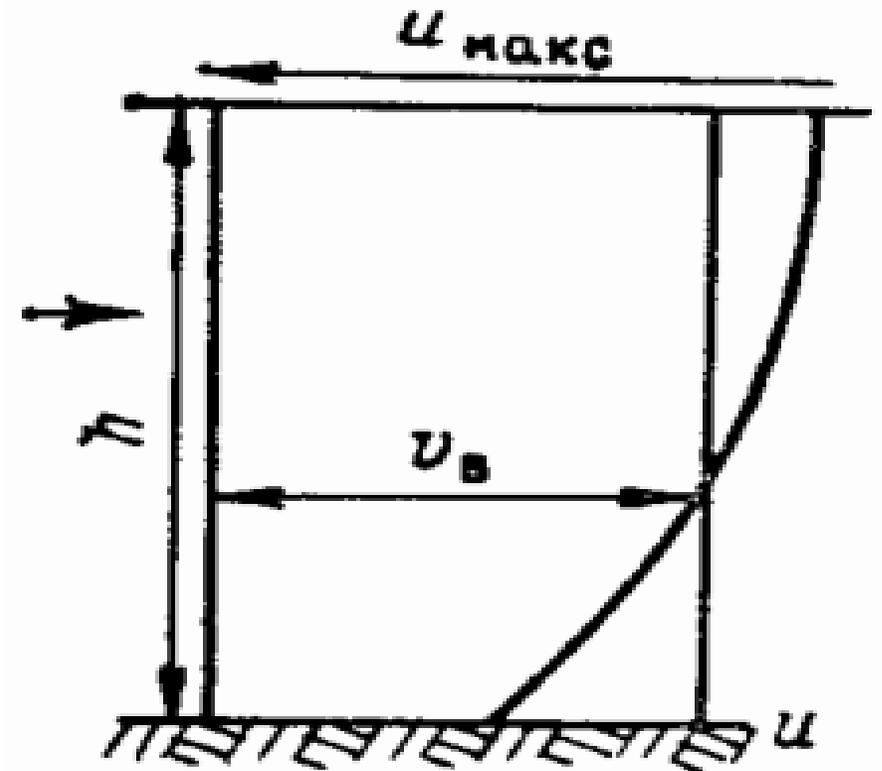
Вид эпюры
скоростей

зависит

- от положения вертикали в потоке,
- состояния русла (его шероховатости,
- наличия водной растительности,
- русловых деформаций и т.п.),
- характера течения (напорное, безнапорное) и других факторов

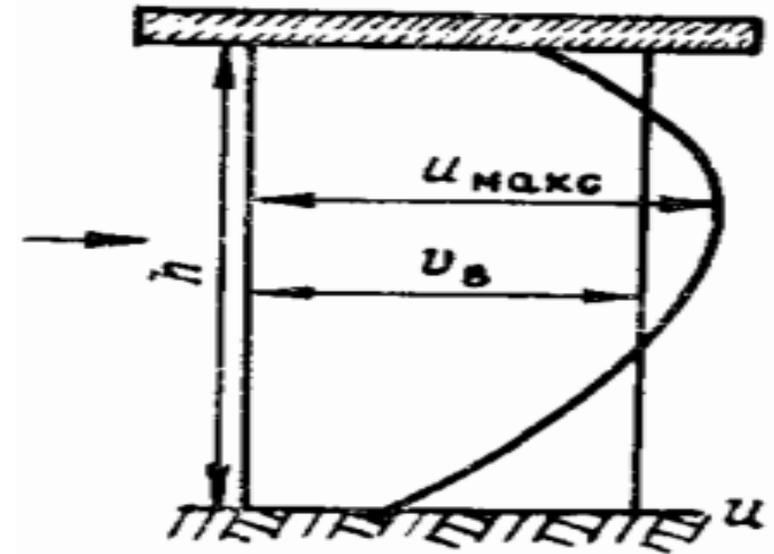
Виды эпюры в безнапорных потоках со свободной поверхностью воды

В безнапорных потоках со свободной поверхностью воды скорости плавно возрастают от дна, достигая наибольшего значения на поверхности



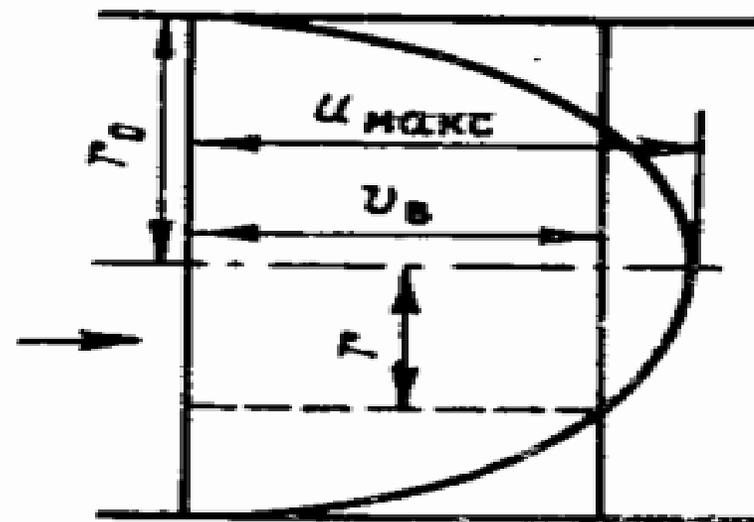
Виды эпюры в наличие ледяного покрова

Наличие ледяного покрова приводит к смещению максимальной скорости на некоторую глубину от поверхности



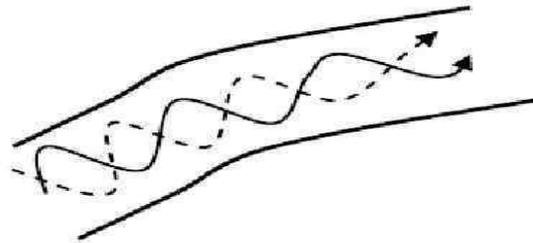
Виды эпюры в напорных потоках (трубах)

В напорных потоках (трубах) максимальная скорость находится на оси потока.



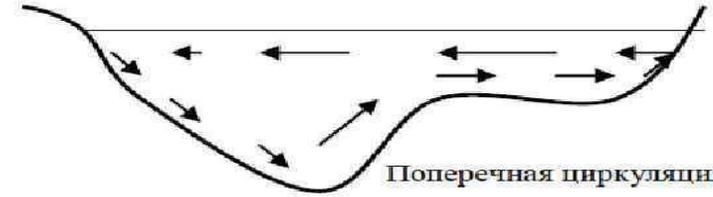
Направление струй в плане и поперечном створе

- ▶ Отдельные струи в речном потоке имеют не только различные скорости, но и различные направления.

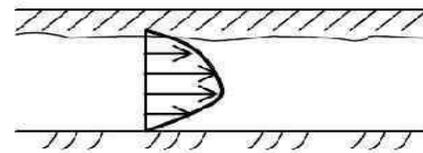


Направление струй воды в плане

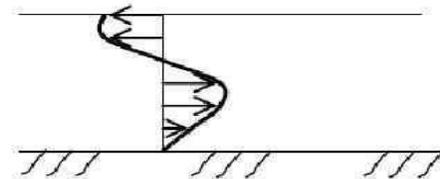
- ▶ На поворотах реки поверхностные слои потока, имеющие большие скорости и центробежные силы, направляются в сторону вогнутых берегов. Здесь они отражаются, опускаются вниз, в глубинные слои и направляются к выпуклому берегу, где снова поднимаются на поверхность.



Поперечная циркуляция

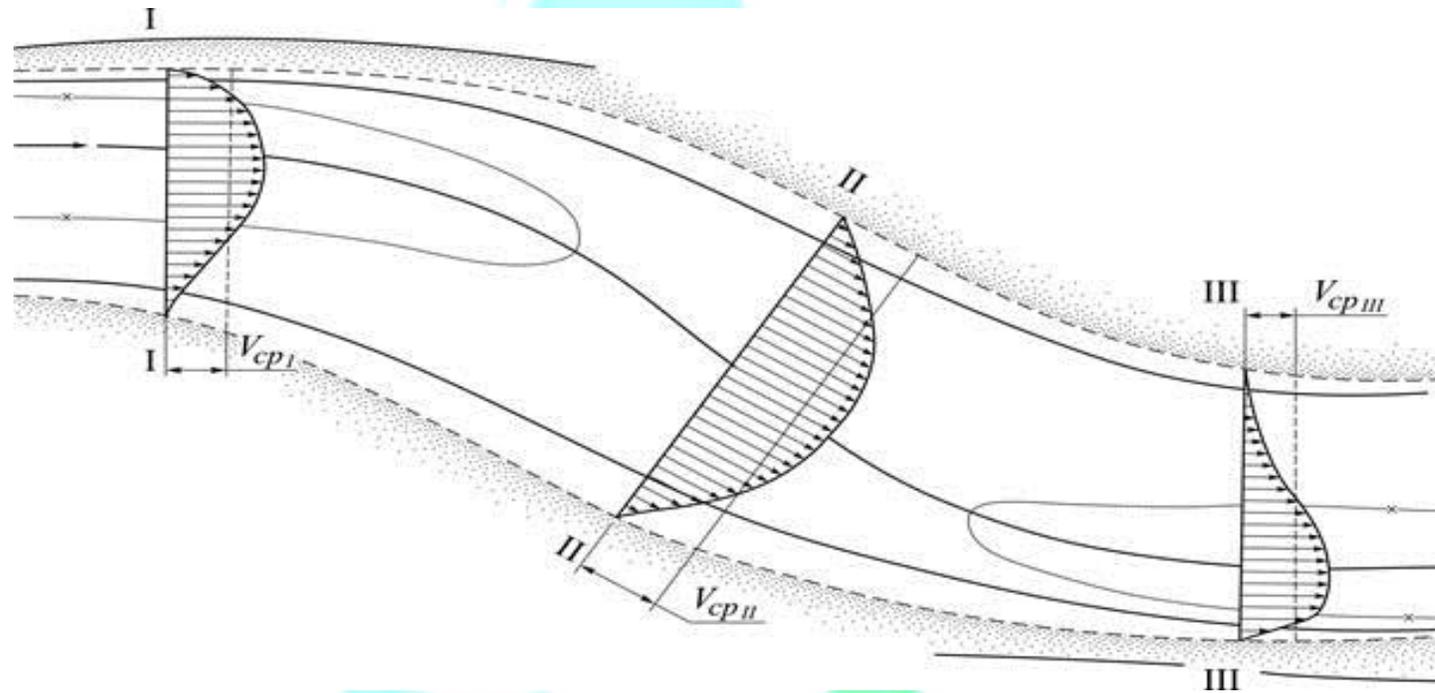


Эпюра скоростей при наличии ледяного покрова



Эпюра скоростей в устьевом участке реки с обратными течениями

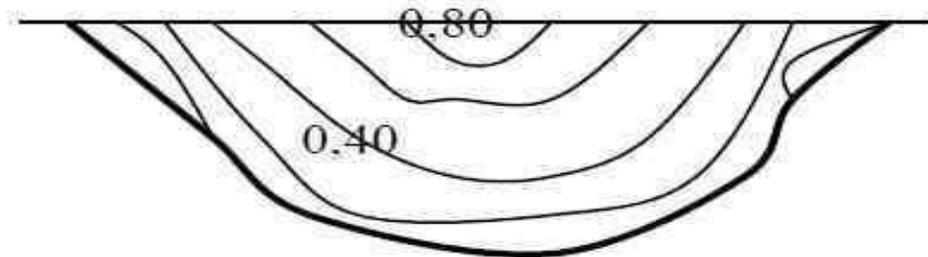
Распределение средних скоростей течения на перекатном участке реки



Распределение скоростей в живом сечении потока

Изотахи – линии равных скоростей

Скорости течения меняются и по ширине потока.



Наиболее наглядную картину их распределения в живом сечении потока дают линии равных скоростей – **изотахи**, которые строят по данным измерения скоростей на вертикалях.

Виды изотахи

Для потока со свободной поверхностью воды изотахи имеют вид плавных кривых, а их значения, соответствующие им скорости, убывают к берегам и дну .

Под влиянием ледяного покрова происходит переформирование поля скоростей и смещение изотахи с максимальным значением скорости в глубь потока

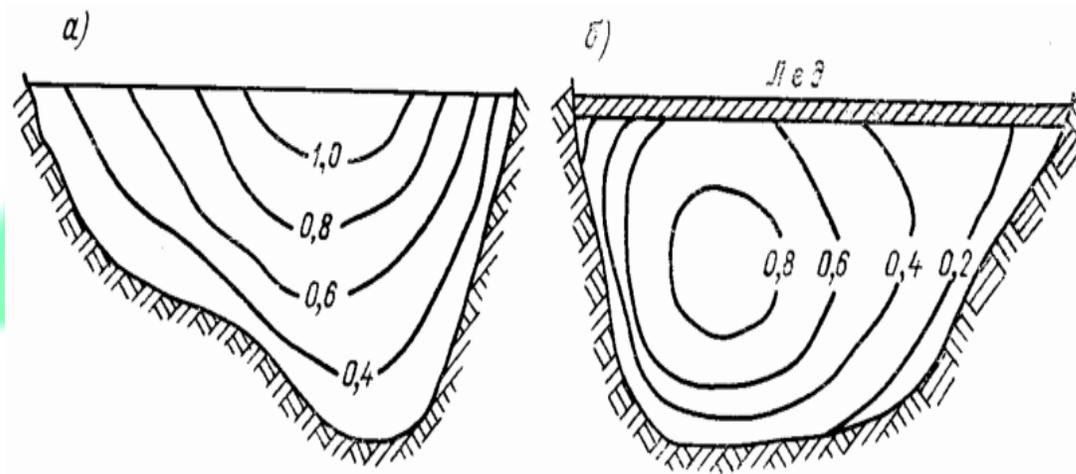


Рис. 5.2. Изотахи в открытом русле (а) и подо льдом (б).

Литература:

- 1.T. Davie. Fundamentals of hydrology. Second edition. Madison Avenue, New York, 2008 y. 221 p.
- 2.Elizabeth M. Shaw Hydrology in Practice.Third Edition.2005.-145b.
- 3.Rasulov A.R., Xikmatov F.X., D.P. Aytboev. Hidrologiya asoslari, «Universitet», Toshkent, 2003,326 bet.
- 4.Karimov S.K., Akbarov A.A., Jonqobilov U. Hidrologiya, gidrometriya va oqim hajmini rostdash.Darslik. – T.: O‘qituvchi, 2004.-230 b.
- 5.Akbarov A.A., Nazaraliev D.V., Xikmatov F.X. «Gidrometriya» fanidan o‘quv qo‘llanma, TIMI, Toshkent, 2008y.154 bet.
- 6.Melnikova T.N. Praktikum po gidrologii, Uchebnik. Maykop – 2012 g. 153 b.
- 7.A.V.Savkin, S.V.Fedorov. Hidrologiya. O‘quv qo‘llanma. – Sankt-Peterburg.:2010.-102b.

<https://moodle.tiame.uz/course/view.php?id=705>

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



NAZARALIYEV DILSHOD
VALIDJANOVICH



+ 998 71 237 0971



dnazaraliyev@yandex.com



NAZARALIYEV DILSHOD

Gidrologiya va gidrogeologiya
kafedrasi dotsenti

