

Р.Т.Нурекенова

ГИДРОЛОГИЯ

Курс лекций для студентов специальности 5В080500

Усть-Каменогорск
2019

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ

В поперечном сечении рек северного полушария уровень воды не строго горизонтален, а несколько приподнят у правого берега и опущен у левого.

При этом сам правый берег и русло у него подмыты. Особенно это заметно у равнинных рек, текущих вдоль меридиана. Вызывает это *кориолисово ускорение*, рождаемое под влиянием сил, возникающих от взаимодействия вращающейся Земли с частицами текущей воды в реки.

В южном полушарии размывается у рек левый берег. Это явление было открыто академиком Российской академии наук К.М.Бэрром и носит название «*закона Бэра*».

Величину силы, действующей на частицы воды, вычисляют по формуле

$$P_1 = 2m\Omega V \sin\gamma \quad (14)$$

где m – масса частицы;

Ω - угловая скорость суточного вращения земного шара;

V - скорость движения частицы воды;

γ - географическая широта места.

При движении воды по криволинейному участку русла развивается центробежная сила инерции.

Каждая частица воды, движущаяся на закруглении, испытывает действие центробежной силы и силы тяжести. Равнодействующая этих сил отклоняется от вертикали в сторону *вогнутого берега*, а уровенная поверхность, устанавливающаяся перпендикулярно к равнодействующей, будет иметь наклон от вогнутого берега в выпуклому.

Величину центробежной силы можно вычислить по формуле

$$P_2 = \frac{mV^2}{R} \quad (15)$$

где R – радиус кривизны русла, м. Центробежная сила всегда направлена по радиусу кривизны в сторону вогнутого берега.

Величину образовавшегося поперечного уклона поверхности воды на закруглении можно определить по формуле

$$i_{\text{пов}} \approx \operatorname{tg} \alpha = \frac{P_1}{P} = \frac{mV^2}{R} : mg = \frac{V^2}{Rg} \quad (16)$$

а превышение уровня – по формуле

$$\Delta h \equiv i_{\text{пов}} \cdot B = \frac{V}{Rg} B \quad (17)$$

В придонных слоях потока центробежная сила незначительна, вследствие чего частички наносов перемещаются к выпуклому берегу. Эти поперечные циркуляционные течения, складываясь с продольной составляющей скорости потока, превращаются в винтообразное движение.

В тех случаях, когда правый берег реки северного полушария вогнутый, происходит сложение королисовой силы и центробежной. При этом на частицу воды будет действовать равнодействующая этих сил

$$P_{\text{пр}} = P_1 + P_2 = \frac{mV^2}{R} + 2m\Omega \cdot V \cdot \operatorname{Sin} \gamma \equiv Vm \left(\frac{V}{R} + \Omega \cdot \operatorname{Sin} \gamma \right) \quad (18)$$

а направлении левого вогнутого берега – равнодействующая, равная разности этих сил

$$P_{\text{л}} = P_1 - P_2 = Vm \left(\frac{V}{R} - 2\Omega \cdot \operatorname{Sin} \gamma \right) \quad (19)$$

Совпадение направления королисовой и центробежной силы на закруглениях рек усиливает циркуляцию, что способствует размыву берегов. Как правило, *вогнутый берег* рек всегда *пригубный* (крутой), а выпуклый – всегда (пологий).

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Речное русло в плане имеет извилистую форму, образуя так называемые *излучины, или меандры*. Образование излучин объясняется наличием на водном потоке циркуляционных, винтообразных течений и неустойчивостью речного русла.

С течением времени образовавшиеся излучины спрямляются и в речной пойме остаются *староречья*.

Русловые деформации подразделяются на необратимые (однонаправленные) и обратимые (циклические).

К *необратимым деформациям* относятся вековые изменения продольного профиля реки и соответствующие изменения ее внутренней морфологической структуры. Они выражают многогодовой (вековой) процесс развития реки или его видоизменения, вызванные однонаправленным изменением водного режима реки.

К *обратимым деформациям* относятся перемещения в русле крупных песчаных гряд, сезонные изменения конфигурации дна на плесах и перекатах, подмывы и намывы берегов, приводящие к разрушению старых и образованию новых участков пойм, к образованию новых протоков и отмиранию старых. Эти деформации являются внешним проявлением транспорта наносов, поступающих в реку.

Обратимые деформации имеют различный характер и Государственным гидрологическим институтом делятся на несколько типов.

Основными факторами, влияющими на устойчивость русла, принято считать расход реки, уклоны его водной поверхности и крупность наносов, слагающих русло.

Существует несколько критериев устойчивости русла. Например, устойчивость русла рек в продольном направлении может быть оценена коэффициентом В.М. Лохтина.

$$f = \frac{d}{i} \quad (20)$$

где d - средний диаметр частиц данных наносов, слагающих русло, мм;

i - уклон реки на рассматриваемом участке.

Если $f = 15-20$ – русло реки устойчиво, данные наносы перемещаются только в период паводков;

-при $f \leq 5$ – в реке будут постоянно перемещаться наносы;

-при $5 < f < 15$ – частицы донных наносов будут пребывать в неустойчивом состоянии и могут перемещаться при незначительных увеличениях скорости потока.

Оценку устойчивости русла в поперечном направлении можно оценить по формуле С.Г. Алтунина

$$B = A \frac{Q_p^{0.5}}{i^{0.2}} \quad (21)$$

где B – ширина устойчивого в плане прямолинейного участка реки по урезу воды ; м ;

Q_p - руслоформирующий расход реки, м³/с;

i - продольный уклон водной поверхности реки;

A – параметр, характеризующий участок реки, принимаемый:

для горных участков 0,75 – 0,90 ; для предгорных участков 0,90 – 1,0 ;
равнинных – 1,0 – 1,1 ; в низовьях рек 1,0 - 1,7 или вычисляемый по формуле

$$A = \frac{1}{\sqrt{V_p}} \quad (22)$$

где V_p - предельная скорость воды при руслоформирующем расходе.

Ширина устойчивого русла на криволинейном участке определяется по зависимости

$$B_k = k_n B \quad (23)$$

Где k_n - коэффициент, равный 0,75 для пологих излучин,
0,5 – для крутых.

Величину радиуса устойчивого участка русла можно определить по формуле Н.И. Маккавеева

$$R = \frac{0.004}{i} \sqrt{Q_p} \quad (24)$$

По протеканию русловых деформаций (по С.Г. Алтунину) реки могут быть разделены на три основных группы:

1. **Блуждающие** – с большой изменчивостью русла в плане и по глубине. Годовые смещения до 200 м и более. К рекам такого типа относятся реки равнинной части Средней Азии, Северного Кавказа и Закавказья;
2. **Неустойчивые** – со сравнительно небольшой и медленной изменчивостью русла. Годовые смещения до 100 м. К рекам такого типа относятся Волга, Дон, Днепр;
3. **Устойчивые** – реки, протекающие в малоразмытых руслах, несущие малое количество наносов. К ним относятся Енисей, Нева.

Основными источниками питания рек являются осадки или участки Их скопления и модификации (ледники).

В зависимости от того, в каком виде и в какое время года поступает в бассейн реки основная масса воды, реки по источникам питания можно

разделить на 4 типа: *дождевого, снегового, ледникового и смешанного питания.*

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИТАНИЯ РЕК .

Объем стока — объем воды, стекающей с водосбора за какой-либо интервал времени (секунду, сутки, декаду, месяц, год, несколько лет).

Слой стока — это количество воды, стекающее с водосбора за какой-либо интервал времени, равное толщине слоя в мм., равномерно распределенного по площади этого водосбора.

Отношение величины (объема или слоя) стока к количеству выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение стока, называется *коэффициентом стока*. Количество воды, стекающее с единицы площади в единицу времени, называется *модулем стока*.

Объемным расходом воды в реке называется количество воды, протекающее в данном поперечном сечении или створе в единицу времени, измеряемое обычно в м³/с.

Расход воды в реке непрерывно изменяется по величине. Хронологический график изменения расходов воды в данном створе реки называется *гидрографом*.

Гидрограф является основным документом, характеризующим водный режим реки

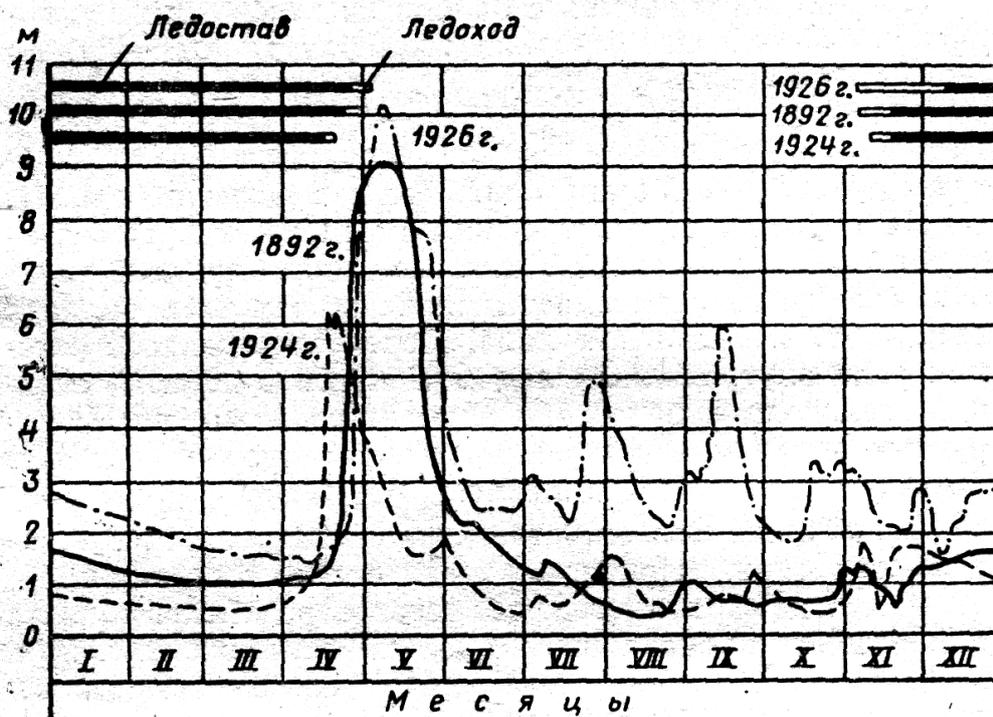


Рисунок 2- Гидрограф

Гидрограф отражает также питание данной реки

Суммарный объем воды, прошедший в течение какого-либо периода времени через рассматриваемый створ, называется **стоком**.

Сток выражается обычно в кубических метрах или при очень больших значениях – в кубических километрах.

Стоки различаются: суточный (за 24 ч), месячный и годовой.

Колебания уровня (горизонта) воды в реке вызываются главным образом изменениями расхода.

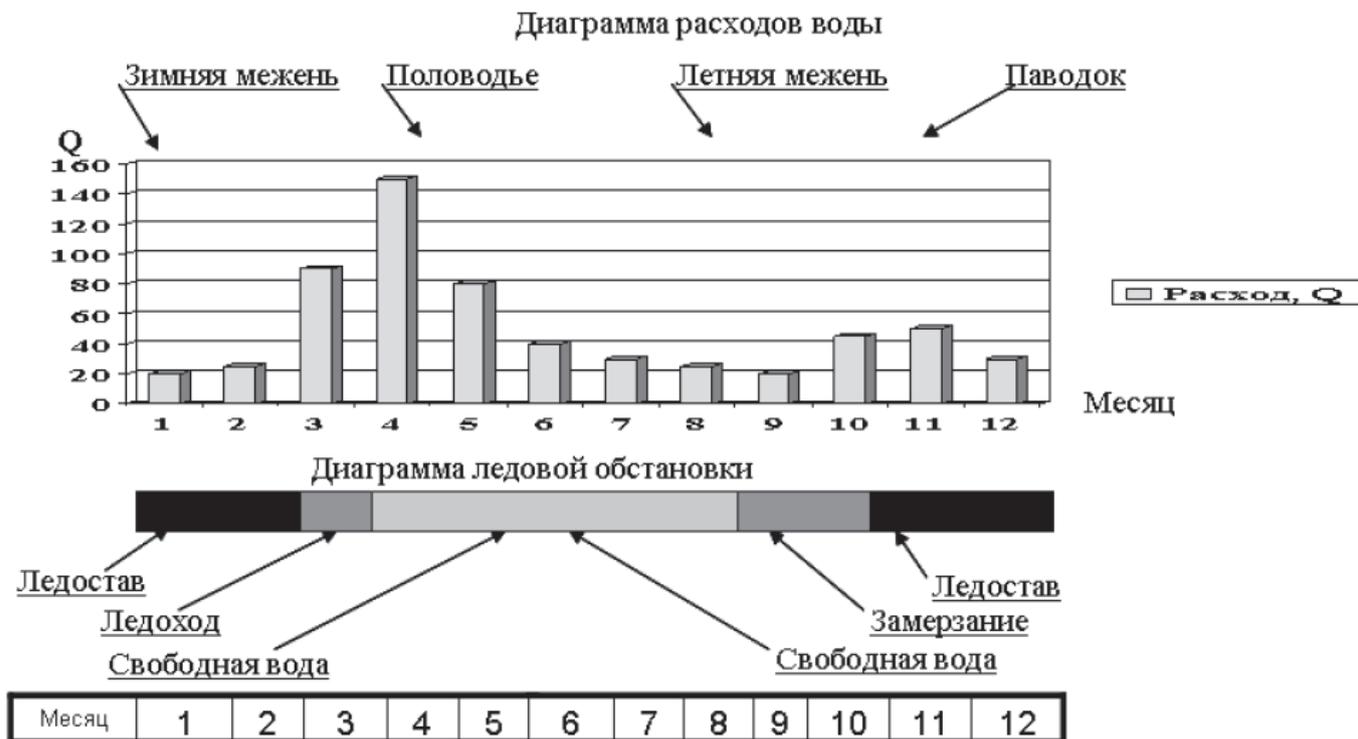
Важным документом, широко используемым при проектировании, является график колебаний уровня $H=f(T)$.

В зависимости от годового изменения уровней различают три основных фазы водного режима реки:

межень – ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны фаза, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня и возникающая вследствие уменьшения питания реки (бывает летняя и зимняя);

половодье – ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон фаза, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды, и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников (бывает весеннее, весенне-летнее и летнее);

паводок – фаза, могущая многократно повторяться в различные сезоны года, характеризующаяся интенсивным, обычно кратковременным, увеличением расходов и уровней воды и вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей.



Выдающиеся по величине и редкие по повторяемости половодье и паводок, могущие вызвать жертвы и разрушения, называют катастрофическим.

Разность между отметкой наивысшего уровня H_{\max} и отметкой наименьшего уровня воды H_{\min} называется амплитудой колебания уровней воды:

$$A = H_{\max} - H_{\min} \quad (25)$$

Особенностями режима горных рек являются так называемые селевые паводки.

Сель – это стремительный поток большой разрушительной силы, состоящий из смеси воды и рыхлообломочных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек в результате интенсивных дождей или бурного таяния снега, а также прорыва завалов и морен.

Сели представляют собой явления, наблюдаемые сравнительно редко (1 раз в 5-10 лет). Длительность селей невелика – от 1 до 3 часов. Объем наносов в течение такого паводка достигает необычайно больших размеров.

Например, трехчасовой сель на реке Киш-Чай вынес 2175000 м^3 наносов, в то время как годовое стоке этой реки не превышает 90000 м^3 .

Сель на реке Алмаатинке в 1921 г. дал объем наносов более 2000000 м^3 при среднегодовом стоке не более 20000 м^3 . В зависимости от состава переносимой селевой массы различают сели: грязевые, грязе – каменные и водо-каменные.

Грязевые сели представляют собой густую массу, движущуюся обычно в виде вала с достаточно крутым откосом в лобовой части и содержащую как гравелисто-галечные и песчаные составляющие, так и большое количество глины и ила. Вся масса наносов является транзитами смыва ливневыми потоками рыхлых отложений, лежащих на гористых склонах реки.

Грязевой селя, встречая на своем пути препятствия, образует завал, создающий подбор воде. При достижении предельного напора завал прорывается. Скорость грязевого селя достигает до 4-6 м/с.

Грязе – каменный селя состоит из мелких песчанно – илистых и глинистых частиц, движущихся во взвешенном состоянии как одно целое с водой. Камни галька и гравий перемещаются в донной части потока, увлекаемые основной массой. Грязе – каменные сели опасны для гидросооружений своим абразионным воздействием.

Водо-каменные сели представляют собой разновидность грязе-каменных, отличаясь от них лишь малой насыщенностью потока взвешенными наносами.