

7. ДВИЖЕНИЕ НАНОСОВ В РЕКЕ

7.1. Виды наносов

7.2. Определение расхода и стока наносов

7.1. Виды наносов

Поверхностные водотоки всегда несут с собой то или иное количество твердых частиц – наносов. *Речными наносами* называются продукты разрушения земной коры в виде сыпучих материалов, перемещаемых потоком воды в речном русле. Процесс разрушения горных пород или почв водосборного бассейна вызывается выветриванием, денудацией и эрозией. *Ил* – Вязкая масса на дне реки, озер или морей, образующаяся из отложений минеральных или органических веществ.

Денудация (лат. *denudatio* – обнажение) – совокупность процессов сноса и удаления с возвышенностей продуктов выветривания горных пород с последующим их накоплением в понижениях рельефа.

Для поступления наносов в реку наибольшее значение имеет *водная эрозия* – русловая и склоновая. В результате склоновой эрозии образуются овраги. Часто по количеству выносимых наносов склоновая эрозия имеет превалирующее происхождение в общем объеме наносов эрозийного происхождения.

В зависимости от расстояния между рекой и очагом эрозии находится интенсивность обогащения реки наносами. При больших расстояниях не весь эрозийный материал будет доходить до реки. Наиболее активно процесс обогащения реки наносами крупных фракций при склоновой эрозии происходит во время паводков и половодий.

В дальнейшем идет процесс истирания вынесенных фракций с образованием более мелких частиц, переходящих во взвешенное состояние в потоке воды.

Русловая эрозия заключается во врезании ложа реки в стенки русла и дно реки.

По характеру движения в потоке речные наносы делятся на два вида: донные и взвешенные. *Донные наносы* увлекаются потоком воды и передвигаются по дну путем перекачивания или скачкообразными перемещениями. *Взвешенные наносы* передвигаются вследствие турбулентности.

В зависимости от фазы водного режима и гидравлических условий в речном потоке наносы могут переходить из донных во взвешенные, и наоборот.

По участию наносов в русловом процессе различают:

- *транзитные*, состоящие из мелких частиц диаметром менее 0,1 мм, переносимые в основной своей массе потоком воды к устью реки;
- *руслоформирующие*, состоящие из частиц диаметром более 0,1 мм, постоянно или периодически перемещающиеся по дну в зависимости от гидравлических условий на данном участке водотока.

Отложения наносов в речных руслах часто представлены смесью частиц разной крупности. Средняя крупность отложений характеризуется средним взвешенным диаметром, находимым по формуле

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i P_i}{100} , \quad (7.1)$$

где d_i – средняя арифметическая крупность i -й фракции, P_i – процентное весовое содержание этой же фракции,

$$P_i = \frac{G_i}{G} 100\% , \quad (7.2)$$

G_i – вес наносов i -й фракции, G – общий вес пробы наносов.

При определении размеров мелких частиц наносов часто пользуются понятием *гидравлическая крупность*, под которой подразумевается скорость равномерного падения грунтовых частиц в неподвижной среде, измеряемая обычно в см/с. Между геометрическим размером частицы d (мм) и гидравлической крупностью w (см/с) имеется вполне определенная связь (Рис. 7.1).

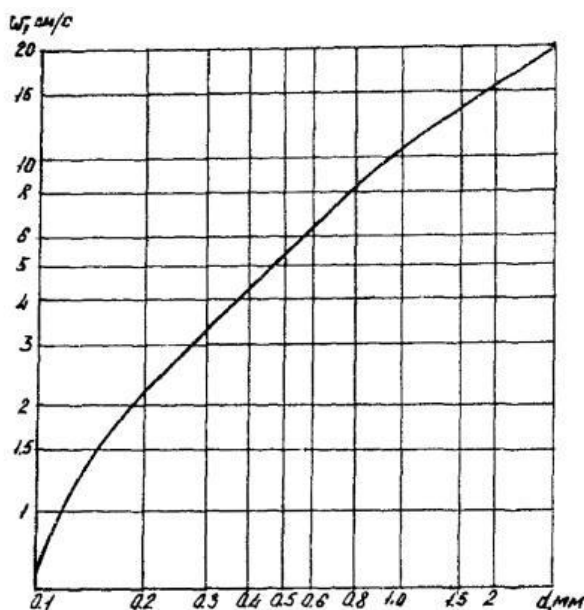


Рисунок 7.1. — Кривая связи между средним диаметром частиц и гидравлической крупностью

Как показывают наблюдения, на реках, донные наносы в руслах не имеют ровной плоской поверхности, а образуют рельеф дна в виде грядовых скоплений, следующих друг за другом.

Образование гряд является следствием взаимодействия турбулентного водного потока с легкоподвижным сыпучим материалом, выстилающим ложе реки (Рис. 7.2).



Рисунок 7.2. — Смещение гряды по времени

При турбулентном режиме течения наблюдаются пульсации скорости. Перемещение наносов также носит пульсирующий характер (Рис. 7.3).

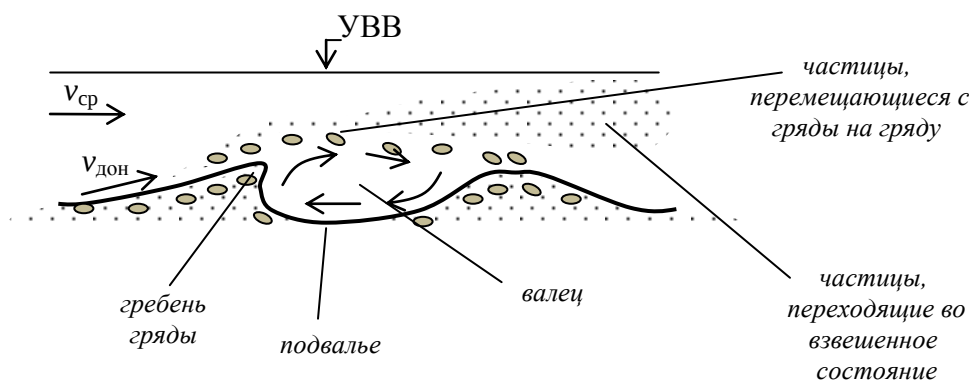


Рисунок 7.3. — Механизм перемещения наносов

Скорость перемещения грядовых скоплений наносов во много раз меньше скорости потока воды. Чем больше размеры гряд, чем крупнее наносы, из которых сложены гряды, тем медленнее их поступательное движение.

В руслах рек, где ширина потока значительно превышает его глубину, гребни гряд не сохраняют перпендикулярного расположения к направлению течения воды. Объясняется это разной величиной скорости по ширине потока (Рис. 7.4).

Косое расположение гребня гряды приводит к тому, что наносы, скатывающиеся в подвалье, передвигаются вдоль гребня. В результате в плане гребни гряд приобретают зазгагообразное очертание, а высота гряд по их ширине становится различной.

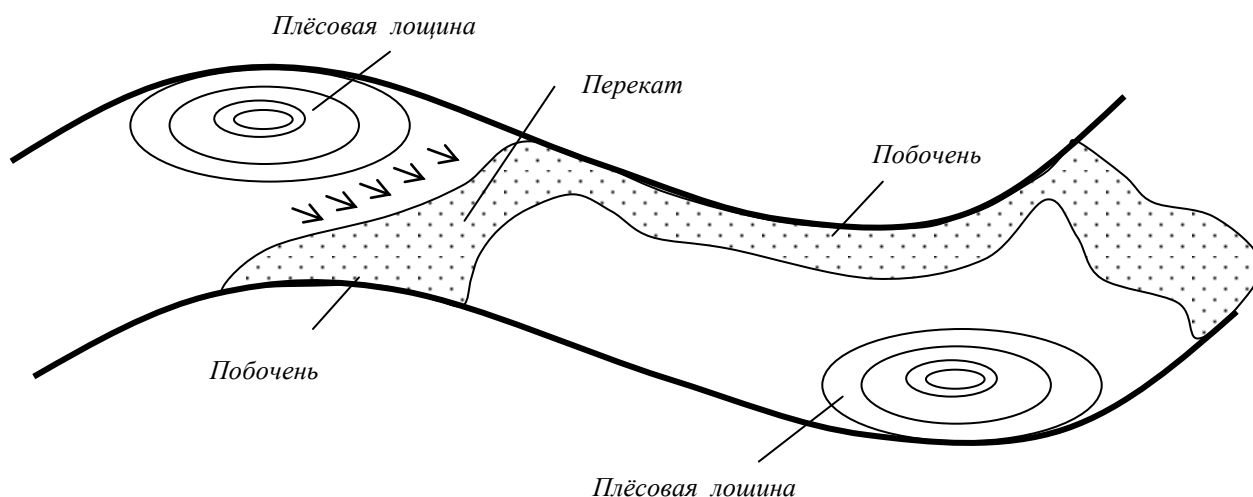


Рисунок 7.4. — Движение наносов в плане

Косое расположение гребней и неодинаковая высота гряд создают донные течения в сторону, противоположную направлению движению наносов.

7.2. Определение расхода и стока наносов

Расход и сток наносов обычно устанавливается одновременно с определением расхода и стока воды в реке. Эти операции имеют много общего и в методике измерений, и в принципах обработки гидрометрических данных.

Приборы, предназначенные для взятия проб движущихся в реке наносов, называются *батометрами*. С их помощью берут пробы воды с целью определения её мутности, характеристик взвешенных наносов. Батометры бывают длительного наполнения и мгновенного наполнения.

Батометр мгновенного наполнения – цилиндр, торцы которого могут захлопываться крышками под действием пружинного механизма (мышеловка).

Батометры длительного наполнения предназначены для отбора проб воды с взвешенными наносами: вакуумный батометр и батометр-бутылка. *Вакуумный батометр* состоит из насоса, камеры и водосборной трубки с грузом.

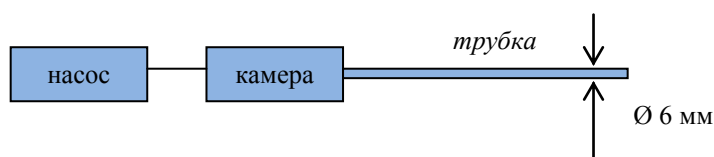


Рисунок 7.5. – Схема вакуумного батометра

Измерения проводят при скоростях течения воды $v=0,2\div3,5$ м/с. Перед взятием пробы в камере создают разрежение для обеспечения скорости забора воды, равной скорости течения воды.

Батометр-бутылка – емкость с широким горлом, которая заполняется в течение некоторого времени. При наклоне днища к горизонту 25° обеспечивается наилучший вход воды и выход воздуха из бутылки. Водосборная трубка – навстречу течению. Обе трубки имеют сменные наконечники диаметром $1,5 \div 6$ мм в зависимости от скорости воды. Такие батометры применяют на равнинных реках. Наклонное положение бутылки не обеспечивает возможность отбора проб на небольших глубинах (Рис. 7.6).

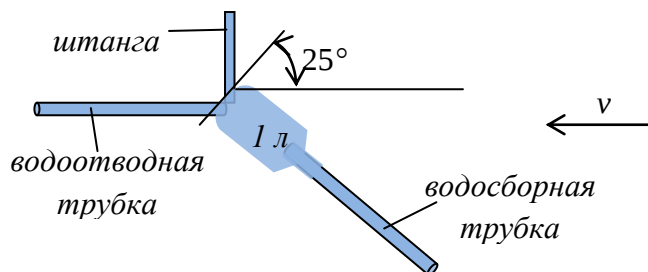


Рисунок 7.6. – Схема батометра-бутылки

При отборе донных наносов наиболее сложной задачей является установка батометра плотно прилегающего ко дну.

Взвешенные наносы характеризуются мутностью. *Мутность* – это количество взвешенных наносов (г) в 1 м^3 воды.

Регистрация наносов производится на всех скоростных вертикалях во время измерений скорости. При обработке точечных измерений определяют мутность в данной точке сечения, а при интеграционных – среднюю мутность на вертикали.

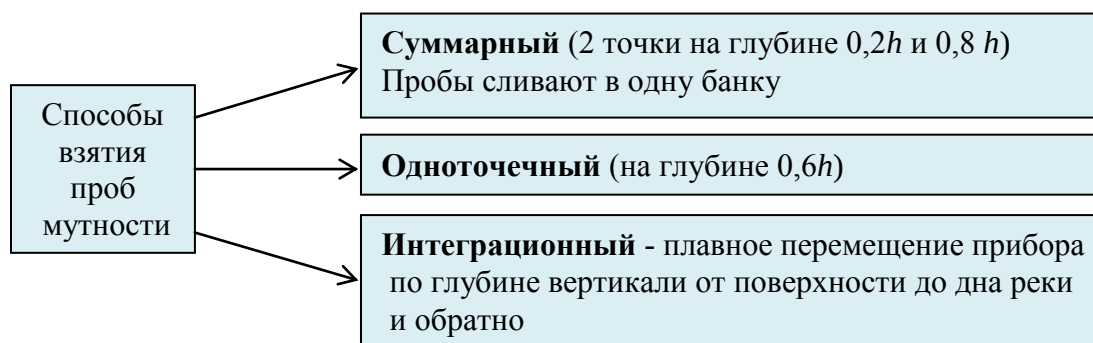
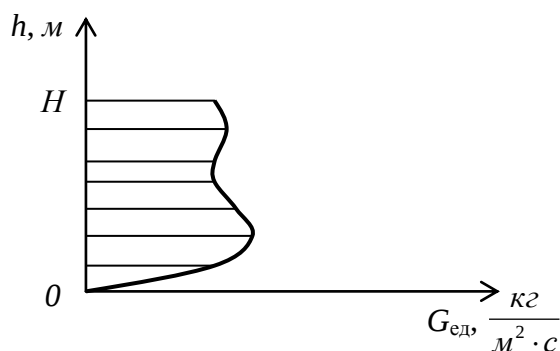


Рисунок 7.7. – Способы взятия пробы

При частичном способе регистрации взвешенных наносов получают *единичный расход взвешенных наносов*

$$G_{e0} = p \cdot \bar{v}, \quad (7.3)$$

где p – мутность, $[p] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\bar{v}$ – осредненная скорость в точке потока, м/с.



Таким образом, единичный расход характеризует массу наносов, проходящую через участок живого сечения площадью 1 м^2 за 1 сек: $[G] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$.

Далее для каждой вертикали получают эпюру единичных расходов взвешенных наносов. Площадь эпюры равна *удельному расходу взвешенных наносов*, т.е. массе наносов, проходящих за 1 сек через сечение, ширина которого равна 1 м, а высота – глубине реки на вертикали H :

$$G_{y\partial} = \int_0^H G_{e\partial} dh. \quad (7.4)$$

Размерность удельного расхода взвешенных наносов $[G_{y\partial}] = \frac{кг}{м \cdot с}$.

Удельный расход, просуммированный по всей ширине реки B , дает нам *массовый расход взвешенных наносов*

$$G_{н,м} = G_{y\partial} \cdot B. \quad (7.5)$$

Его единицы измерения – $[G_{н,м}] = \frac{кг}{с}$.

Объемный расход взвешенных наносов получается делением массового расхода на плотность ρ потока воды, содержащего наносы

$$G_{н,об} = \frac{G_{н,м}}{\rho}. \quad (7.6)$$

Количество и сроки проведения измерений расходов наносов устанавливают на все фазы гидрологического режима (половодье, дождевые паводки, устойчивая межень).

Для улавливания донных наносов применяются *донные батометры*.

Все батометры, основанные на принципе механического улавливания донных наносов, имеют низкую точность: 50-25 % и даже ниже. Причины низкой точности следующие:

1. Для полного перехвата всех донных наносов по фронту прибора батометр должен устанавливаться плотно на дно. Но вследствие неровностей дна часть наносов проходит под батометром. В случае сильного заглубления – в прибор попадают и частицы неподвижного основания;
2. Мимо входного отверстия прибора проходят наносы, которые движутся отдельными импульсами, подскоками;
3. Массивная конструкция прибора искажает поле скоростей и соответственно расход наносов;
4. Поле придонных скоростей и турбулентность по ширине потока могут резко меняться, из чего следует резко неравномерное перемещение наносов по ширине потока.