

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

М. А. Колосов,
д-р техн. наук, проф., СПГУВК

«ВЕЕРНЫЙ» СПОСОБ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ

“FAN” METHOD OF TERRITORY PROTECTION FROM FLOWAGE IN RIVER BASINS

В статье рассматривается способ защиты территорий от дождевых паводков посредством задержки стока в зоне формирования паводка. Предложено на притоках реки установить плотины, создающие временные водохранилища-«ловушки». Конструкция плотин имеет водосбросы, пропускающие безопасный («дозированный») расход, а после прохождения паводка обеспечивающие полное опорожнение водохранилища.

The article considers the method of territory protection from rainfall floods by holding back the flow in the area of flood formation. It is suggested to erect dams on the river tributaries to make temporary reservoirs-“traps”. The dams have spillways for safety water discharge, after the flood they provide complete reservoir emptying.

Ключевые слова: паводок, дамба, противопаводковое водохранилище, водохранилище-«ловушка», водосброс.

Key words: flood, dam, flood-control reservoir, reservoir-“trap”, spillways.

ИЗВЕСТНЫЕ инженерные способы защиты территорий от затопления речными паводками включают систему дамб обвалования, ограждающих защищаемые территории (город, поселок, сельскохозяйственные угодья и т. п.).

Недостатком систем с дамбами обвалования является высокая стоимость сооружений из-за значительной длины дамб, необходимость устройства на защищаемой территории дренажных систем для сбора фильтрующейся через дамбы воды и насосных для ее откачки, большие эксплуатационные издержки.

Кроме того, ограждаемая дамбами обвалования защищаемая зона сужает паводковый поток, протекающий по долине, что приводит к увеличению скоростей течения и дополнительным размывам берегов и поймы, а также усилению крепления самих дамб.

Известны способы защиты территорий от затопления путем строительства выше зоны затопления противопаводковых водохранилищ многолетнего регулирования.

Такое водохранилище используется как для улавливания паводка, так и для последующего использования накопленных вод для хозяйственных целей (орошения, выработки электроэнергии). Именно таким способом защищена от паводков земля в районе реки Зеи после строительства Зейского гидроузла и образования Зейского водохранилища. Для этой же цели строится Бурейский гидроузел (река Бурей).

Недостатками такого способа инженерной защиты являются: высокая стоимость гидроузла, большие площади затопляемых земель и исключительно низкая эффективность их создания на малых водотоках. Обусловлено это тем, что любые водотоки (ручьи, овраги) только в паводковой период имеют высокие расходы воды. В остальной период времени расходы воды имеют минимальное значение, что исключает возможность получения энергетических мощностей.

Предлагаемый «веерный» способ защиты от затопления предназначен в основном

от кратковременных дождевых паводков, который характерен для рек, притоки которых формируются на горных склонах (рис. 1, 2).

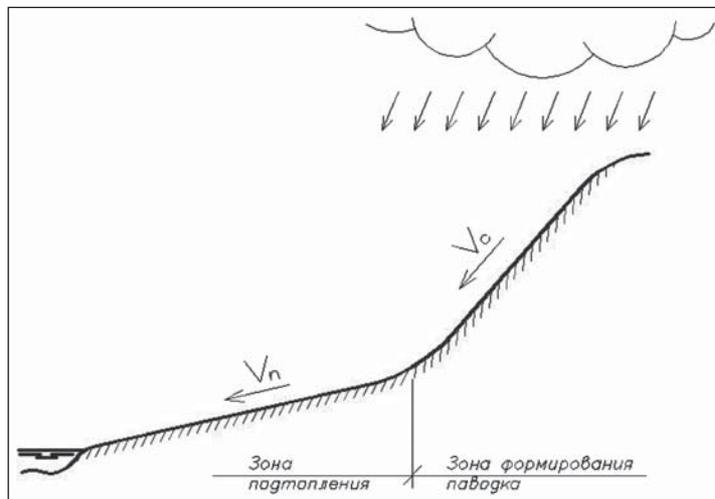


Рис. 1. Формирование дождевого паводка на горных склонах

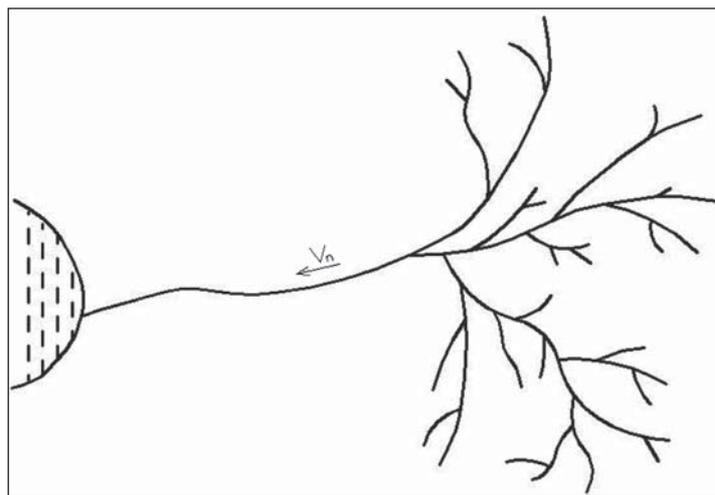


Рис. 2. Бассейн реки, формирующий дождевой паводок

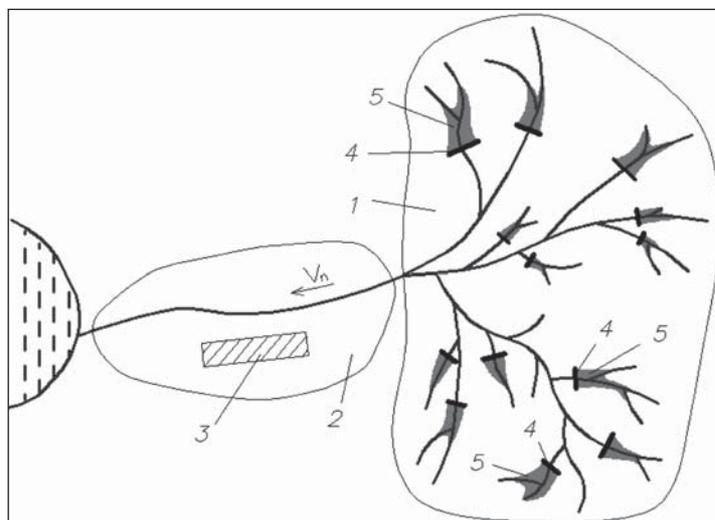


Рис. 3. Верная схема расположения водохранилищ-«ловушек»

Выпадение дождевых осадков на горный склон, способствует быстрому сбросу воды в пойму, где и происходит подтопление местности.

На расход и высоту паводкового уровня влияют следующие характеристики склона:

- залесенность поверхности склоновых участков;
- разветвленность притоков реки, расположенных на склоне;
- характер русла притоков, его извилистость, шероховатость, вызванная структурой грунта (камень, гравий), а также наличие в русле природных препятствий потоку (плавник, топляки);
- продольный уклон русла притоков.

Скорость течения воды можно оценить по известной формуле Шези

$$V_{\phi} = C\sqrt{RI}, \quad (1)$$

где: C — коэффициент Шези, зависящий от шероховатости русла;

R — гидравлический радиус;

I — уклон.

Наблюдениями по рекам Дальнего Востока установлено, что после проведения вырубок леса на склонах в зоне формирования дождевого паводка высота паводковых уровней заметно увеличивается.

Для задержки паводка в зоне формирования паводка предлагается построить систему плотин, удерживающих временно часть стока на склоне (рис. 3).

Учитывая, что плотина устанавливается на всех или большинстве притоков, схема имеет форму веера.

Защищаемая часть территории 3 располагается в зоне подтопления 2. Для защиты от паводков в каждом речном притоке в зоне формирования паводка 1 строят дамбы-запруды 4 с временным сухим водохранилищем 5. Дамбы-запруды 4 на каждом притоке располагаются одна за другой, что позволяет создать каскад малых водохра-

нилищ 5, улавливающих основной объем стока. Ступенчатое расположение водохранилищ позволяет сооружать дамбы-запруды 4 любой высоты с любым объемом водохранилища и после «срезки» пика паводка в короткие сроки опорожнить их, используя в последующем временно подтопленные земли для хозяйственного использования.

Каждая дамба-запруда, образующая временное водохранилище-«ловушку» (рис. 4, вариант 1) состоит из грунтовой насыпи 1, в основании которой уложена одна или несколько труб 2. Площадь сечения трубы 2 или нескольких труб определяется исходя из предельно-допустимого «дозированного» расхода, который является безопасным для ниже-расположенных участков местности.

Площадь сечения трубы рассчитывается по формуле

$$\omega = \frac{Q_p}{\mu \sqrt{2gH}}, \quad (2)$$

где: Q_p — расчетный (безопасный) расход воды;

μ — коэффициент расхода;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение силы тяжести;

H — напор воды на дамбу-запруду.

Дамба-запруда может выполняться из однородного камня или камня переменной крупности (рис. 5), при этом расчетный расход, пропускаемый через плотину, обеспечивается за счет фильтрации воды через поры между камнями.

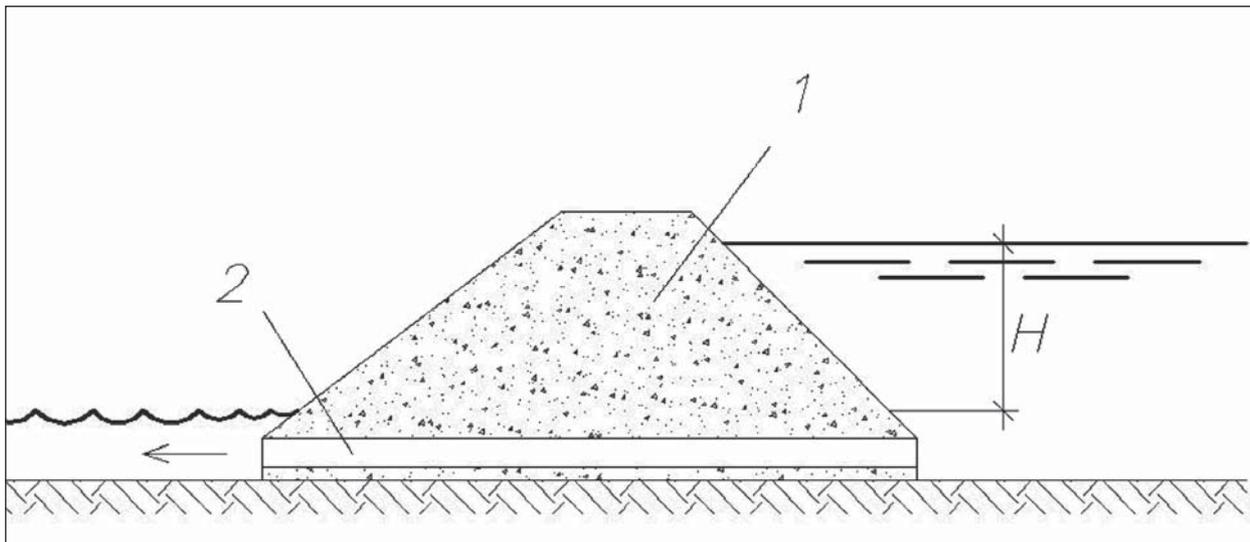


Рис. 4. Дамба-запруда с трубчатым водосбором

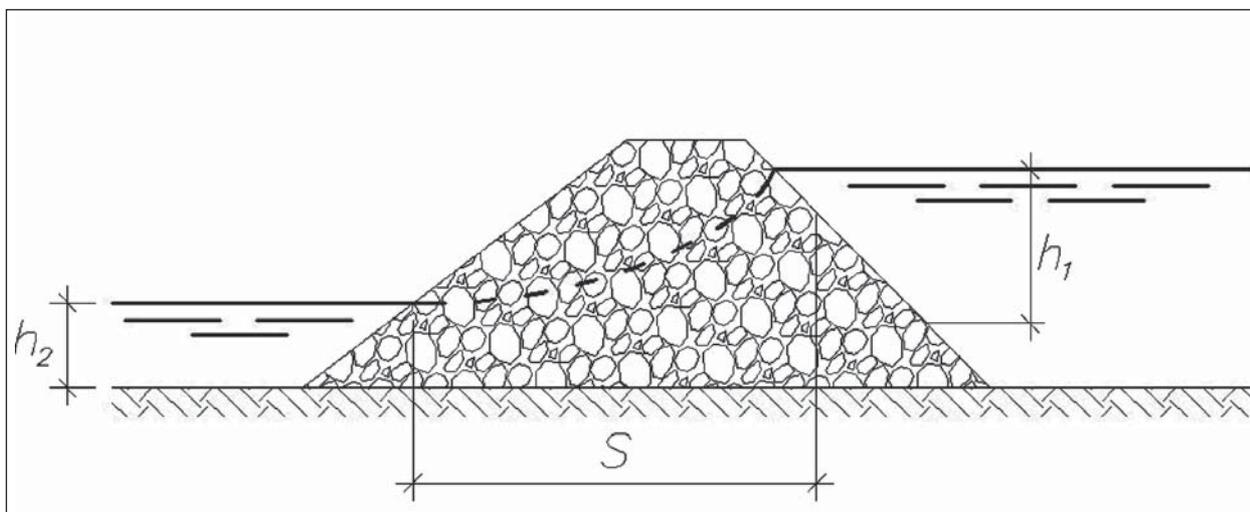


Рис. 5. Фильтрующая дамба из каменной наброски

Величину расхода, проходящего через 1 п. м. длины дамбы, можно определить по формуле Н. П. Пузыревского:

$$\left(\frac{g_{\Phi}}{K}\right)^2 = \frac{(h_1^3 - h_2^3)}{3S}, \quad (3)$$

где: g_{Φ} — удельный фильтрационный расход;

K — коэффициент фильтрации (зависит от размеров камня);

h_1 — глубина воды перед дамбой (в верхнем бьефе);

h_2 — глубина воды за дамбой (в нижнем бьефе);

S — средняя ширина поперечного сечения каменной дамбы.

Фильтрующая дамба-запруда может быть полностью выполнена из камня или может состоять из двух зон: фильтрующая зона выполнена из камня и зона выполнена из слабо фильтрующего грунта (песок, супесь) (рис. 6).

Длину фильтрующей зоны в створе плотины определяют по формуле:

$$L = \frac{Q_p K}{\sqrt{(h_1 - h_2)} \frac{1}{3S}} \quad (4)$$

Для увеличения пропускной способности фильтрующую зону располагают не на всю высоту плотины, а только в нижней части в примыкании к основанию. Особенно это эффективно при сооружении дамбы из габионов (рис. 7).

В этом случае пропускную способность дамбы определяют по формуле

$$Q_p = \mu_k \omega \sqrt{2gH}, \quad (5)$$

где: μ_k — коэффициент расходов, зависящий от крупности камня и длины фильтрующей зоны;

ω — площадь поперечного сечения фильтрующей зоны;

H — напор воды на дамбе;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение силы тяжести.

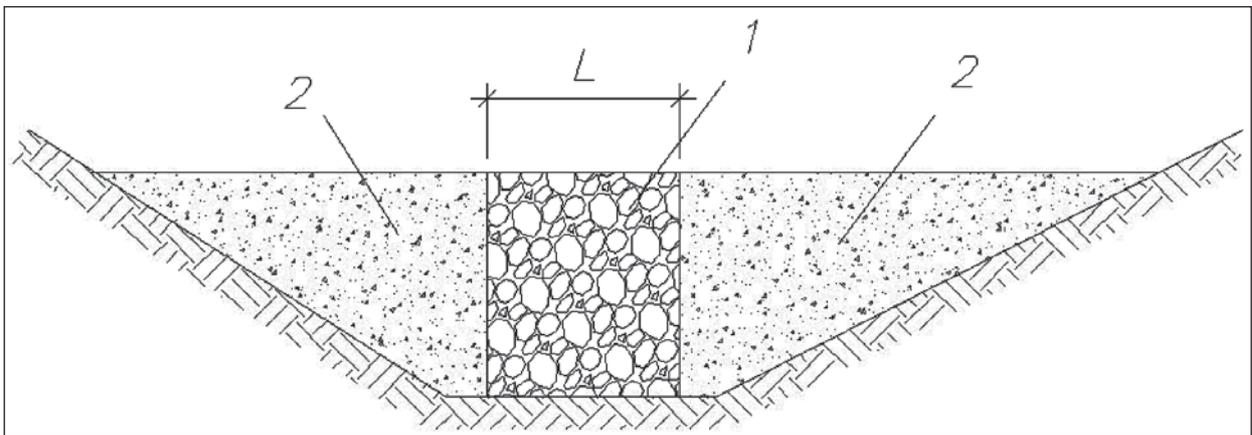


Рис. 6. Каменно-грунтовая дамба (продольный профиль);

1 — каменная наброска, 2 — грунтовая насыпь

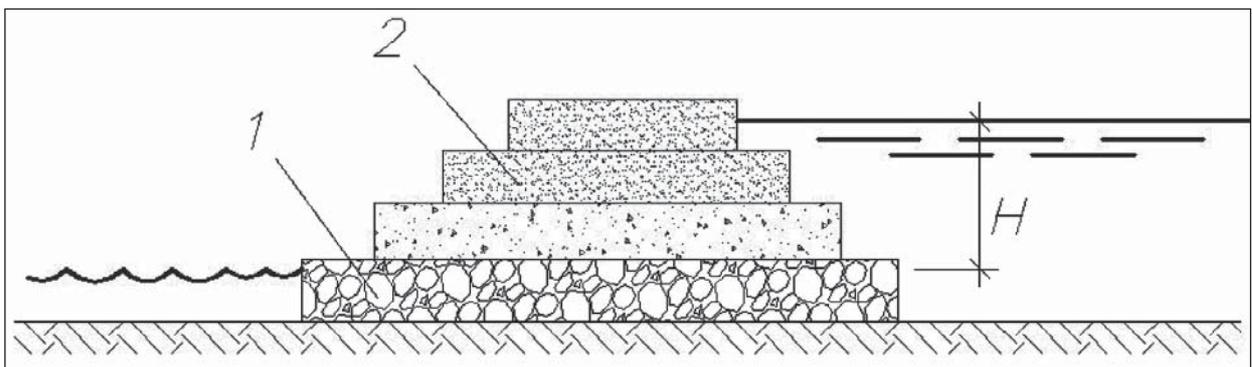


Рис. 7. Габионная плотина с фильтрующей нижней зоной;

1 — фильтрующая зона, 2 — зона габионов с плотной укладкой

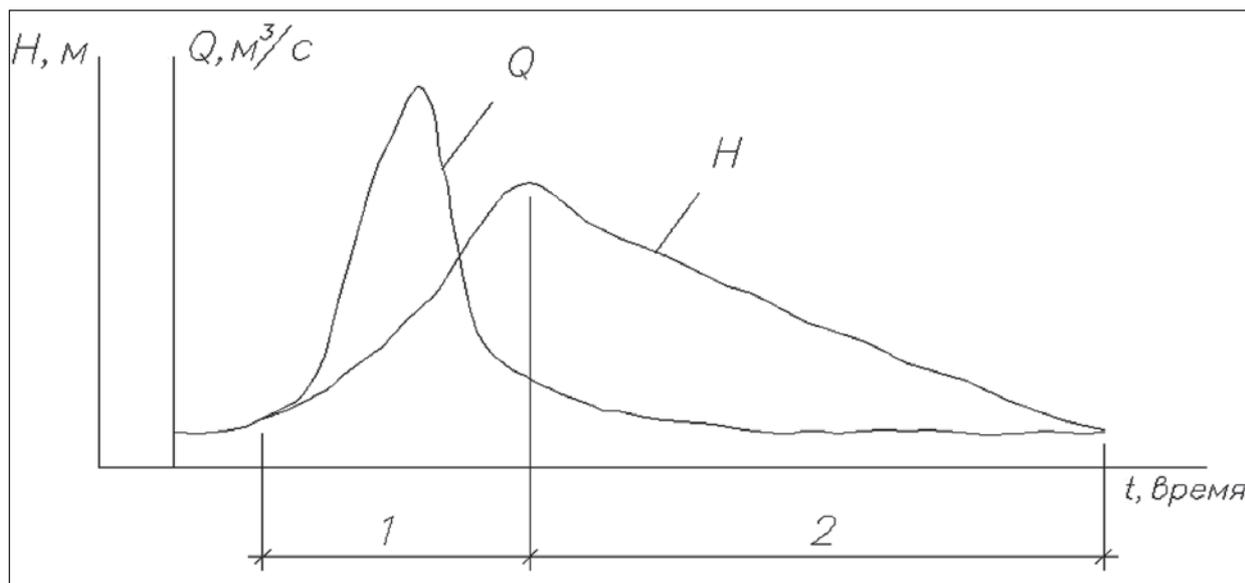


Рис. 8. График паводка (Q) и уровня в водохранилище-«ловушке» (H)

1 — зона наполнения водохранилища-«ловушки»,
2 — зона опорожнения водохранилища-«ловушки»

Работает предложенный противопаводковый комплекс следующим образом, что демонстрируется графиком (рис. 8).

В зоне, расположенной в предгорьях, выпадают с высокой интенсивностью осадки в виде дождя. Дождевые осадки попадают в сухие овраги (показаны пунктиром) и речные притоки, стекая по которым, встречают дамбы-запруды. Так как бытовой расход Q_b значительно превышает пропускную способность (Q_p) водосбросов в дамбах (труба или фильтрационная зона), то перед каждой дамбой-запрудой образуется временное водохранилище. Чем больше построено дамб на каждом водотоке, тем больше происходит задержек паводковых вод. Учитывая, что дамбы возведены на каждом притоке и сухом овраге, можно практически осуществить полную задержку паводка.

После прекращения осадков каждое водохранилище постепенно опорожняется, и временно затопливаемые земли возвращаются в хозяйственный оборот.

Работа каждого водохранилища-«ловушки» поясняется графиком, где по горизонтальной оси показано время (t), а по вертикальной — расход воды в реке (Q) и уровень воды в водохранилище-«ловушке» (H).

График показывает, что протекающий по реке бытовой расход (Q_b), благодаря ограниченной пропускной способности водосбросов, в дамбе уменьшается до Q_p , при этом уровень воды (H) в водохранилище-«ловушке» повышается на время паводка и по окончании паводка уменьшается до бытовых значений, при этом водохранилище полностью осушается.

График позволяет определить время существования водохранилища-«ловушки».