

РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНА ПІДГОТОВКА В СКЛАДНИХ МІСТОБУДІВНИХ УМОВАХ

2.1 Захист міських територій від затоплення

2.1.1 Фактори, що викликають затоплення міських територій

До *водоймищ*, що знаходяться на території міста, зараховують водосховища, ріки, озера, ставки, дрібні річки, струмки, протоки тощо. Водоймища використовують у господарських, транспортних, архітектурно-планувальних, декоративних, спортивних і санітарно-гігієнічних цілях. Під час планування міста необхідно використовувати кожне природне водоймище, провівши необхідні заходи щодо його благоустрою та регулювання. У разі відсутності на території міста природних водоймищ улаштовують штучні водні басейни. Великі водоймища зазвичай визначають композиційне рішення плану міста та його планувальну структуру, сприяють архітектурно-декоративному оформленню міста.

Берегові смуги водоймищ використовують для прокладання вулиць, бульварів, зелених насаджень, забудови. Природні береги рік, озер, морів у разі використання їх із містобудівною метою вимагають значного поліпшення. Заплавна частина території у разі проходження паводків затоплюється, неукріплені береги руйнуються.

Затоплення населених місць відбувається у разі підвищення рівня води у водоймищі до позначки, що перевищує позначки міської території. Підвищення рівнів може бути викликано весняною повінню, дощовими паводками, інтенсивним таненням снігів і льодовиків у горах. Воно може бути наслідком сильних хвильових явищ у великих озерах, водосховищах і морях, а на узбережжях океанів і морів – періодичних припливів. Затоплення відбуваються також у результаті накопичення великої кількості льоду біля природних чи штучних перешкод, відкладення наносів у руслі ріки тощо.

Необхідно розрізняти затоплення: *глибоководні* (покриття поверхні суші водою понад 5 м), *середні* (від 2 м до 5 м), *мільководні* (до 2 м) [36].

За тривалістю затоплення бувають *тимчасові, періодичні й постійні* [36]. Наведені вище причини призводять до короткочасного затоплення територій. У разі тимчасового затоплення після спаду води умови нормальної експлуатації міської території відновлюються. Постійні затоплення викликані підпором води на ріках. Вони виникають, коли будують водопідпірні гідротехнічні споруди і створюють водосховища, що за відсутності захисних споруд призводять до порушення нормальної експлуатації території.

Одночасно із затопленням може відбуватись розмив берегів і дна водоструку, відкладення наносів і утворення зсувів, зміна траси русла ріки і розмив поверхні заплави. Наслідком затоплення може бути підтоплення прилеглої території.

Для виявлення меж можливого затоплення і проектування захисних споруд заздалегідь визначають розрахунковий рівень за максимального підйому води. Користуючись топографічною картою, по горизонталях установлюють можливу зону затоплення.

Для визначення розрахункових значень виділяють найнижчий (меженний) – ГМВ і найвищий горизонти – ГВВ рівня води в річці. Різницю позначок між горизонтом високої води і горизонтом меженної води називають амплітудою коливань. У межах отриманої амплітуди коливань горизонту паводкових вод будуть займати проміжне положення. Забезпеченість відповідного горизонту паводка, виражена у відсотках, показує ймовірність його появи. Із 100 можливих випадків найвищий горизонт паводка буде мати 1 %-ву забезпеченість, тобто повторність паводка буде 1 раз у 100 років. Повторність горизонтів проміжних паводків розподіляється між цими значеннями і дорівнює, наприклад, повторності 1 раз у 5 років (20 %), 1 раз у 10 разів (10 %) тощо. Винятково високі рівні води у річці, що спостерігаються 1 раз у 100 років, не приймають до розрахунків.

Ефективність захисних заходів залежить від прогнозування повеней, що насуваються. Методи прогнозу засновані на даних космічних і радарних спостережень, аналізі метеорологічної обстановки, даних про кількість опадів, що випали або очікуються. Кількість опадів вимірюється приладом, що називається дощоміром.

2.1.2 Способи захисту міських територій від затоплення

Основними способами захисту міських територій від затоплення є [53]:

- 1) обвалування території, що захищається, способом огороження затоплюваної частини міста захисними дамбами-валами;
- 2) суцільна підсипка затоплюваних територій, яка передбачає підвищення поверхні території, що захищається, до деякої розрахункової позначки;
- 3) збільшення пропускної здатності ріки в межах міської території способом будівництва регуляційних споруд – дамб, бун, гребель, загат, хвилерізів, хвилеломів тощо;

4) зниження розрахункових витрат ріки у межах міської території, регулювання стоку і витрат будівництвом водосховищ вище міста за течією ріки, створення відвідного скидного русла та інше.

Найбільш ефективний спосіб захисту від повеней – регулювання стоку водосховищами.

Захисні заходи пов'язані з порушенням водної рівноваги у басейні ріки. Вони спричиняють зміну природних гідрологічних і гідрологічних умов, що призводять до порушення природних взаємозв'язків. Ділянки, що раніше не підтоплювались, можуть заболочуватись, а перебільшено зволожені – осушуватись. Може відбутись зниження рівня ґрунтових вод на заливних лугах і, як наслідок, знизитись родючість ґрунтів. Необхідною є комплексна оцінка особливостей природного водного режиму і прогнозування його після проведення захисних заходів [53].

2.1.3 Проектування дамб обвалування

Огороджувальні дамби влаштовують уздовж меж території, яку захищають від затоплення. Дамби можуть зводити як на одному березі, так і на двох. Останнє роблять при розміщенні забудови по обидва боки ріки.

Для захисту затоплюваних територій необхідно застосовувати два види обвалування: *загальне* та *по ділянках* [35, 36].

Загальне обвалування території доцільно застосовувати, якщо на захищуваній території немає водотоків або коли стік водотоків можна перекинути до водосховища або в річку через відвідний канал, трубопровід або за допомогою насосної станції [36]. **Обвалування по ділянках** необхідно застосовувати для захисту територій, що перерізується великими ріками.

Для захисту територій від затоплення застосовуються два типи дамб обвалування – *незатоплювані* й *затоплювані*.

Незатоплювані дамби належить застосовувати для постійного захисту від затоплення міських і промислових територій, прилеглих до водосховищ, річок та інших водних об'єктів. **Затоплювані дамби** допускається застосовувати для тимчасового захисту від затоплення сільськогосподарських земель у період вирощування на них сільськогосподарських культур за умови підтримування у водосховищі нормального підпірного рівня, для формування та стабілізації русел і берегів річок, регулювання та перерозподілу водних потоків і поверхневого стоку [35, 36].

Залежно від умов роботи і конструктивних особливостей розрізняють *річкові* (рис. 2.1), *водосховищні* (рис. 2.2) й *морські дамби* (рис. 2.3). **Річкові** пра-

цюють нетривалий період – кілька тижнів на рік у період підвищення рівнів води у річці. **Водосховищні** й **морські** можуть знаходитись під дією напору тривалий час і піддаватись впливу вітрових хвиль.

Траси дамб необхідно обирати залежно від топографічних та інженерно-геологічних умов будівництва, за умови мінімальної зміни гідрологічного режиму водотоку й максимального використання обвалованої території. При трасуванні дамб обвалування в межах міста належить передбачати можливість використання територій, що захищають, під забудову.



Рисунок 2.1 – Дамба на р. Лена, м. Ленск, Росія



Рисунок 2.2 – Дамба на Дніпродзержинському водосховищі на р. Дніпро



Рисунок 2.3 – Морська дамба в м. Вентнор на острові Уайт, Великобританія

Переріз дамби залежить від її містобудівного використання.

Дамби обвалування зазвичай влаштовують у вигляді насипу трапецоїдного перерізу. Застосовуються конструкції ґрунтових дамб двох типів: *обтиснутого* та *розпластаного профілю* [35, 36]. Профіль дамби (розпластаний чи обтиснутий) обирають з урахуванням наявності місцевих будівельних матеріалів, технології виконання робіт, параметрів вітрових хвиль на верховому укосі та виходу фільтраційного потоку на низовому укосі. Перевагу належить віддавати дамбам розпластаного профілю з біологічним кріпленням укосів.

Дамби споруджують практично з будь-якого мінерального ґрунту, за винятком мулистих і утримуючих велику кількість легко розчинних солей. Найчастіше використовують суглинки чи піски. Під час будівництва дамб із пісків та інших водопроникних ґрунтів поперечний профіль виконують більш масивним і влаштовують спеціальні протифільтраційні екрани. Бетонні й залізобе-

тонні греблі на нескільких основах потрібно передбачати лише як водоскидні споруди.

У проектах інженерного захисту потрібно передбачати містобудівне використання дамб обвалування для прокладання автомобільних або інших доріг. Водночас ширину гребеня дамби й радіус кривизни приймати за вимогами відповідних будівельних норм. В усіх інших ситуаціях ширину гребеня дамби належить призначати мінімальною, з огляду на умови виконання будівельних робіт та зручність експлуатації. Ширину дамби по верху приймають у середньому 4,5–10 м. Величина закладення укосів має забезпечувати стійкість їх проти сповзання. Закладення укосів залежить від умов їх роботи, ґрунтів споруди та її висоти. Верховий укіс, що працює в напірних умовах, проектують більш пологішим порівняно з низовим, який таких впливів не зазнає (рис. 2.4). Якщо висота дамби дуже значна (10 м і більше), тоді на її укосах влаштовують горизонтальні майданчики (берми) шириною не менше 3 м. На низовому укосі можна влаштовувати пішохідні алеї та доріжки або розміщувати забудову.

У підшві низового укосу водосховищних і морських дамб обов'язково проектують дренаж. У річкових дамбах через короткочасний напір води дренаж можна не передбачати.

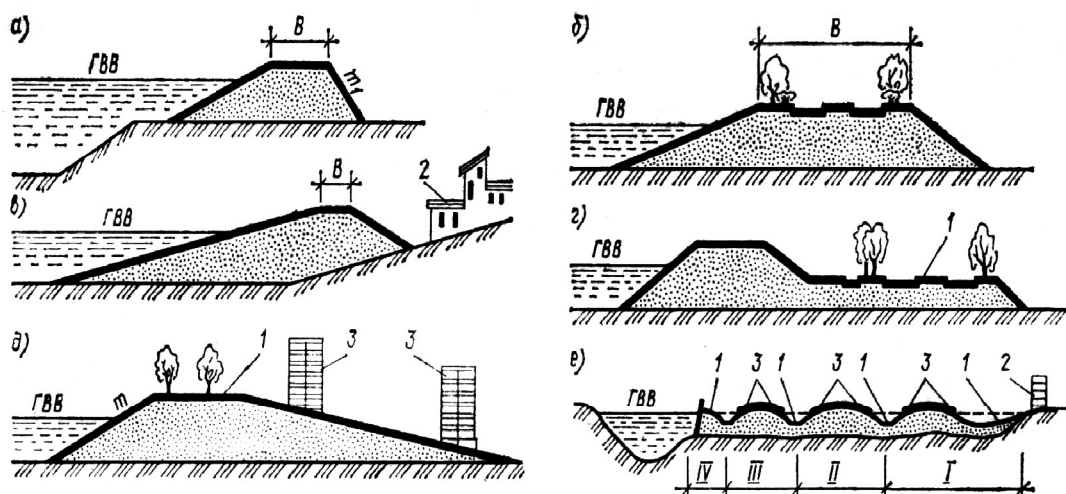


Рисунок 2.4 – Поперечні профілі дамб обвалування [53]:

а–в) з пологішим верховим укосом; г) розміщення на низовому укосі пішохідних алеї і доріжок; д) розміщення на низовому укосі забудови; е) поетапне обвалування території, що захищається;

1 – зона відпочинку; 2 – існуюча забудова; 3 – зона проекрованої забудови;

I – IV – черговість освоєння території з плануванням поверхні по типу підсипки

У період межених горизонтів у водоймищі відведення поверхневих вод забезпечують через спеціальні водовипуски із затворами в тілі дамби. За високого рівня скидання поверхневих вод здійснюють способом перекочування насосними станціями. *Висоту дамби* (рис. 2.5) визначають за формулою:

$$H = Z_p - Z_0 + h_n + h_{hx} + \delta, \quad (2.1)$$

де H – висота дамби, м; Z_p – позначка найвищого рівня з розрахунковою забезпеченістю $p\%$, м; Z_0 – позначка основи дамби, м; h_n – підйом горизонту води від вітрового нагону, приймають від 0,5 м до 1,0 м; δ – запас у висоті гребеня над найвищою позначкою набігу хвилі на

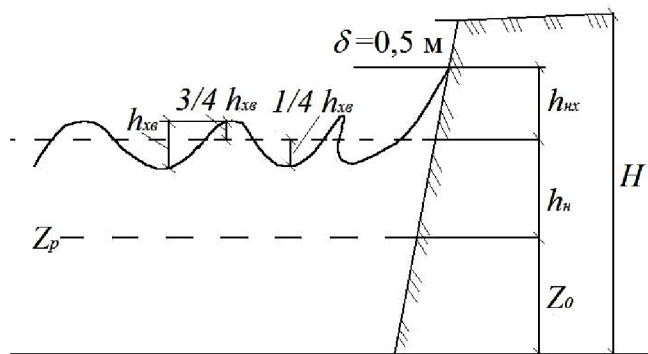


Рисунок 2.5 – Схема для визначення висоти дамби обвалування

укіс, дорівнює 0,5 м; h_{hx} – висота набігу хвилі на укіс дамби, м, $h_{hx} = 1,5 h_{xв}$ або h_{hx} розраховують за формулою:

$$h_{hx} = \frac{4,3 K_{шy} h_{xв}}{m}, \quad (2.2)$$

де $K_{шy}$ – коефіцієнт шорсткості укріплення укосу (бетон, мостіння – 0,90); m – коефіцієнт закладення укосу; $h_{xв}$ – висота хвилі, м, яку знаходять за формулою В. Г. Андріянова [67]:

$$h_{xв} = 0,0208 W^{5/4} L^{1/3}, \quad (2.3)$$

де W – швидкість вітру, м/с; L – довжина розгону хвилі, м.

Розрахунковий горизонт високої води (РГВВ) визначають імовірнісними розрахунками за рівнями, що спостерігаються на водомірних гідрометеопостах, де фіксують рівні паводків. За розрахунковий горизонт високих вод потрібно приймати позначку найвищого рівня води повторюваністю: один раз у 100 років – для територій забудованих або таких, що підлягають забудові житловими і громадськими будинками; один раз у 10 років – для територій парків і площинних спортивних споруд [70]. Водночас необхідно враховувати також підвищення рівня води завдяки збігу потоку захисними та транспортними спорудами.

Розрахунковий горизонт високої води (РГВВ) визначають із залежності:

$$\downarrow РГВВ = \downarrow ГМВ + Z_p \%, \quad (2.4)$$

де $\downarrow ГМВ$ – позначка горизонту меженної води; $Z_p \%$ – розрахунковий рівень заданої ймовірності $p = \%$.

Після встановлення орієнтовного поперечного профілю дамби виконують розрахунки на фільтрацію і стійкість укосів.

Фільтраційний розрахунок дамб виконують для встановлення положення депресійної кривої в тілі дамби і визначення фільтраційних втрат води. Фільтраційні втрати на 1 погонний метр дамби визначають за формулою:

$$q = K \frac{H^2}{2L_p}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.5)$$

де H – глибина води перед дамбою, м; K – коефіцієнт фільтрації тіла дамби (табл. 2.1); L_p – розрахункова ширина для визначення фільтраційних витрат води.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт фільтрації тіла дамби

Ґрунт	Лес	Суглинок	Супісь	Пісок		
				дрібний	середній	крупний
K , м/добу	0,008	0,1–0,2	0,2–0,8	2–5	5–15	15–50

Стійкість укосів насипу оцінюють зіставленням їхнього фактичного коефіцієнта стійкості K_{st} з його нормативним значенням $[K_{st}]$. Стійкість вважають забезпеченою, якщо $K_{st} > [K_{st}]$. K_{cm} визначають так [35]:

$$K_{st} = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c} = [K_{st}], \quad (2.6)$$

де γ_{fc} – коефіцієнт сполучення навантажень; F – розрахункове значення узагальненої зсувної дії на призму обвалення, що визначається з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_f , кН; γ_c – коефіцієнт умов роботи; γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) споруди; R – розрахункове значення узагальненого опору ґрунтового масиву зсувній дії на призму обвалення, визначене з урахуванням коефіцієнта надійності по ґрунту, кН.

Значення коефіцієнтів γ_n , γ_c , γ_{fc} наведено в ДБН В.1.1-24 [35].

2.1.4 Проектування суцільної підсипки міських територій, що затоплюються

Поверхні територій, які захищають від затоплення, підвищують до незатоплюваних позначок. Поверхню території варто підвищувати для освоєння під забудову підтоплених та затоплених, а також тимчасово підтоплюваних та затоплюваних територій; для використання земель під сільськогосподарське виробництво; для благоустрою узбережної смуги водосховищ та інших водних об'єктів.

Штучне підвищення планувальних позначок поверхні території впроваджують зазвичай на заплавах та заболочених ділянках, які за цільовим призначенням підлягають освоєнню і забудові. Вибір планувальних позначок поверхні залежить від прогностичних максимальних відміток рівня ґрунтових вод з урахуванням гідрологічного режиму річок і водоймищ, у зоні впливу яких зна-

ходиться територія. Позначки підсипання або намівання території повинні призначатися з метою забезпечення граничної глибини залягання ґрунтових вод за умови будівельного освоєння підземного простору; вертикального планування й улаштування поверхневого водовідведення; розвитку самопливних каналізаційної та водостічної мереж; закладання колекторів різного призначення, транспортних тунелів, підземних переходів; нормального існування деревинно-чагарникової рослинності [36]. Відмітку брівки території, яку підсипають (намівають), варто приймати не менше, ніж на 0,5 м вище від розрахункового горизонту високих вод [70]. Під час підготовки підвищення території рослинний шар ґрунтів належить зняти та забезпечити його зберігання для рекультивації [36].

Під час виконання проекту суцільної підсипки території встановлюють: основні параметри насипу, тобто межі та площу території, що підсипається, а також висоту насипу на окремих ділянках; обсяг робіт, спосіб проведення робіт; розрахунок механізмів.

Під час визначення найменшої позначки території варто мати на увазі можливість підпору ґрунтових вод (рис. 2.6).

У разі постійного затоплення величину підпору приблизно знаходять за формулою [53]:

$$Z_n = \sqrt{h_n^2 - h_p^2 + (h_p + Z_p)^2} - h_n, \quad (2.7)$$

де Z_n – величина підпору ґрунтових вод у конкретному перерізі, м; h_n – підвищення побутового рівня ґрунтових вод над водотривким шаром у тому саме перерізі, м; h_p – підвищення побутового рівня води у річці над водотривким шаром ґрунту, м; Z_p – підпір, створений у річці, м.

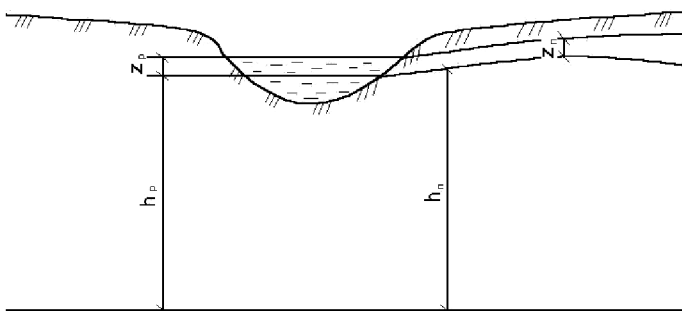


Рисунок 2.6 – Схема визначення величини підпору ґрунтових вод

Вертикальне планування територій штучного підсипання або намівання має унеможливити застоювання води в зниженнях поверхні ґрунту. При загальній підсипці затоплюваної території спочатку прокладають підземні комунікації, потім підсипають територію до незатоплюваних позначок. Після усадки підсипаного ґрунту територію забудовують і проводять інженерний благоустрій.

Для захисту території від затоплення підсиленням позначку брівки берегового укосу території необхідно приймати не менше, ніж на 0,5 м вищою від розрахункового рівня води у водному об'єкті з урахуванням розрахункової висоти хвилі та її нахату. Позначки поверхні підсиленої території в разі захисту від підтоплення визначають за величиною норми осушування з урахуванням прогнозу рівня ґрунтових вод.

Стік поверхневих вод проєктують у бік річки чи водоймища з підвищенням позначок у міру віддалення від водоймища (рис. 2.7, а) [53]. Величина проєктного ухилу забезпечує самопливний режим колекторів дощової каналізації та мінімум обсягів робіт із зведення насипу. В окремих випадках при підсипці великих площ поперечний профіль вирішують у вигляді двох площин із зустрічними ухілами (рис. 2.7, б). Поверхнєве водовідведення здійснюють через колектор, який розміщують у зниженому місці паралельно річці.

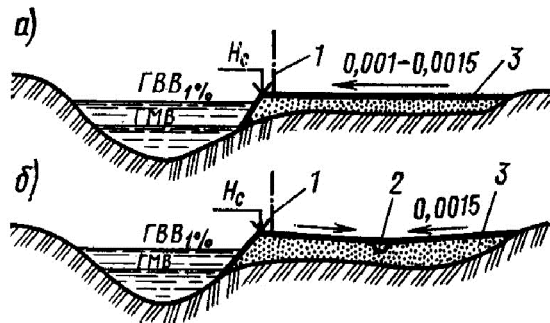


Рисунок 2.7 – Поперечний профіль підсиленої території [53]:

а) з поперечним ухилом у бік водоймища; б) із зустрічними поперечними ухілами;

1 – червона лінія забудови; 2 – колектор дощової каналізації; 3 – насип

Рівень ґрунтових вод на забудованій території знижують за допомогою дренажних систем.

Штучне підвищення здійснюють шляхом підсилення або намівання ґрунту з обов'язковим попереднім відсипанням дренажного шару [36]. До складу супроводжувальних робіт включають розчищення та спрямлення русел рік і струмків, облаштування їхніх берегів. Для підсипки застосовують технології *гідронамиву* або *сухого укладання* (рис. 2.8). Гідронамив – це намівання ґрунту за допомогою земснарядів чи іншої техніки. Технологією робіт щодо штучного підвищення поверхні території через підсилення або намівання ґрунту необхідно передбачати переміщення ґрунтових мас із незатоплюваних ділянок корінного берега або заплави на затоплювані. У разі дефіциту ґрунтів варто використовувати корисні виїмки під час поглиблення русел річок для судноплавства, розчищення і благоустрою стариць, проток та інших водойм, розташованих на захищуваній території або поблизу. Для зведення насипу застосовують піщані й глинисті ґрунти. При гідронамиві використовують піщані ґрунти. При сухому укладанні також віддають перевагу цим ґрунтам.

Для захисту насипу від розмиву і руйнування проєктують берегові укріплення.

Переваги варіанта підсіпки: території будуть більш зручними для міської забудови в архітектурно-планувальному і санітарно-гігієнічному відношенні; забезпечені нормальні умови експлуатації міських підземних комунікацій; висока гарантія незатоплюваності.

До *недоліків* необхідно зарахувати великі обсяги робіт та неможливість застосування за наявності капітальної забудови і цінних зелених насаджень. Для зменшення обсягів робіт вертикальне планування поверхні виконують з мінімально допустимими ухілами вулиць і внутрішньоквартальних проїздів.

Варіанти штучного підвищення поверхні території необхідно вибирати на підставі аналізу функціонально-планувальних рішень, з урахуванням зонально-кліматичних, ґрунтово-геологічних, екологічних характеристик та соціальної ситуації.

2.1.5 Регулювання русел у межах міських територій

Берегову смугу і лінію регулювання ріки не завжди зберігають без зміни їхнього природного стану. Існуюче положення русла ріки може виявитись незручним для судноплавства, а прибережна частина – для використання з містобудівною метою. Берегові укоси, обриви, повороти ріки з недостатніми радіусами заокруглення виправляють і русло отримує потрібний напрямок.

Профілювання і регулювання рік у плані проводиться з метою створення мінімально необхідних глибин у межень і допустимих рівнів у повінь. Якщо рівень води низький, ускладнюється використання рік і водоймищ з транспортною і культурно-спортивною метою, влаштування водозабору для технічних потреб. За дуже малих глибин погіршується санітарно-технічний стан прилеглих берегових смуг. Неприятливий розвиток руслових деформацій може привести до пошкодження різних споруд на ріках, зокрема мостових переходів.

Регулювання рік – це інженерні заходи, спрямовані на запобігання руйнуванню і перетворенню берегів водостоків і водоймищ; організацію скидання у річку води з міських водостоків, промислових колекторів, осушувальних сис-

а)



б)



Рисунок 2.8 – Способи підсіпки територій, що затоплюються: а) гідронамивом; б) сухим укладанням

тем; забезпечення нормального водозабору з ріки для водопостачання міст, потреб зрошення; гідротехніку створення на річці нормальних умов для судноплавства і відпочинку населення. Під регулюванням рік чи русел на відміну від регулювання стоку рік розуміють зміну гідравлічних характеристик за допомогою гідротехнічних споруд без зміни витрат ріки. Метою регулювання є підвищення чи зниження рівня рік у межах міської території і захист берегів від руйнування.

Лінією регулювання ріки називають лінію перерізання площини дзеркала води з площиною укосу берегового схилу чи підпірною стінкою набережної.

Гідравлічними характеристиками водостоку є глибини, живі перерізи, ухили, швидкості течії.

Як захист від затоплення регулювання русла дає ефект лише на малих ріках, де спостерігається невелике підвищення паводкових витрат над меженними. Регулювання русел зазвичай проектують у поєднанні з одним із основних методів захисту.

Регулювання русел струмків і малих річок

Струмки і малі річки на території міста можуть зберігатись у вигляді природного русла, поліпшеного випрямленням, поглибленням, плануванням прилеглої території та інше; відкритого каналу (русла) з відповідним укріпленням дна й укосів; закритого каналу (колектора); у вигляді комбінованого русла, що складається з водостоку, призначеного для пропуску весняних і часто повторних зливових витрат, і відкритого русла, що слугує для пропуску витрат більш рідкої повторності (рис. 2.9).

Русла малих рік регулюють, поглиблюючи і розчищаючи дно, спрямляючи трасу і укріплюючи берег. Це дозволяє збільшити пропускну здатність ріки шляхом зменшення гідравлічного опору русла.

Дно поглиблюють, розчищають, зрізують нерівності, ліквідують камені, корчі та інші перешкоди, виключають прибережну деревну рослинність. Водночас передбачають збільшення гідравлічного ухилу русла. Це запобігає розмиву берегів вище за течією від ділянки, що захищається, і виключає підпір нижче цієї ділянки.

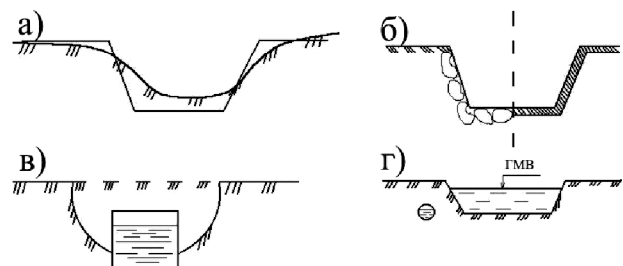


Рисунок 2.9 – Способи регулювання русел струмків і малих річок:
а) природне русло, поліпшене випрямленням, поглибленням; б) відкритий канал з укріпленням дна й укосів; в) закритий канал; г) комбіноване русло

Для проектування поглиблення русла виділяють на його поздовжньому профілі три ділянки: основну, верхів'я й низову (рис. 2.10).

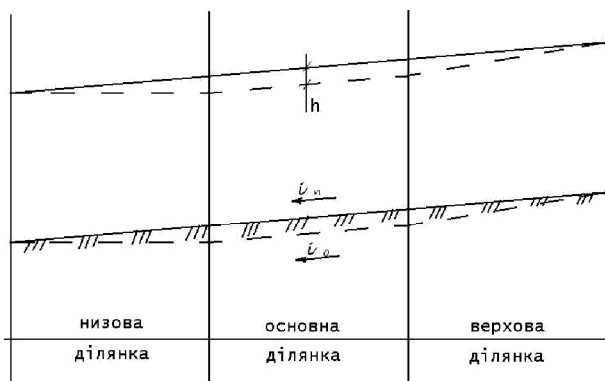


Рисунок 2.10 – Схема визначення ділянки поглиблення русла ріки

Довжину верхів'я намічають такою, щоб збільшення ухилу, що виникає на ньому, не призводило до формування швидкостей течії води, за яких розмиваються береги і дно. На низовій ділянці ухил дна не повинен призводити до замулення. Для скорочення довжини основної і низової ділянок, щоб підвищити швидкість течії, доцільно проводити випрямлення закрутів.

Гідравлічні розрахунки регульованого русла виконують за тими саме формулами (4.27–4.33), що і для самопливних інженерних мереж.

Регулювання великих рік

Регулюючи русла рік для поліпшення судноплавних умов, найчастіше поглиблюють перекати, рідше закривають другорядні рукави, спрямляють надмірно круті повороти русла, підтримують судноплавні підходи до окремих пунктів, виправляють русла біля мостів, укріплюють береги тощо. Правильний підхід до проектування регуляційних споруд можливий тільки на підставі прогнозу руслових деформацій на довгий термін. Руслові деформації різні на ріках різних типів, тому регуляційні споруди мають специфічну форму залежно від типу ріки.

Споруди з регулювання русел улаштовуються на водотоках, які перетинають території, що захищаються [36]. На річках, які схильні до мандрування, у складі заходів інженерного захисту територій від затоплення потрібно передбачати такі споруди з регулювання русел [36]:

- **поздовжні дамби**, розташовані за течією або під кутом до неї, що обмежують ширину водного потоку річки;
- **струмененапрямні дамби** – поздовжні, прямолінійні або криволінійні, що забезпечують плавний підхід потоку до отворів мосту, греблі, водоприймача та інших гідротехнічних споруд (рис. 2.11, а);
- **затоплювані загати**, які перекривають русло від берега до берега – призначені для повного або часткового перегородження течії води в рукавах та протоках (рис. 2.11, б);

– **напівзагати** – поперечні споруди у руслі (рис. 2.11, в), які забезпечують виправлення напрямку течії та утворення судноплавних глибин. Вони стискають річковий потік і створюють підпір. Течія води, зустрічаючи напівзагату, відхиляється від берега вздовж неї, повертає до розташованої вище напівзагати і утворює ряд замкнених водоворотів;

– **буни (короткі затоплювані напівзагати)**, що встановлюють під деяким кутом до напрямку течії для забезпечення захисту берегів від розмивання (рис. 2.11, г);

– **донні щити** – поперечні споруди, що встановлюють у верхній частині перерізу, створюють поперечні циркуляції в потоці, які обумовлюють розмив у необхідному напрямку;

– **греблі** – гідротехнічні споруди, що перегороджують русло річки чи іншого водотоку і його долину для підняття рівня води перед нею з метою створення водосховища, створення напору (підпору) води для використання її енергії в гідроелектростанціях, водопостачання населених пунктів чи промислових об'єктів (рис. 2.12, 2.13);

– **берегові й дамбові кріплення**, які забезпечують захист берегів від розмивання та руйнування течією й хвилями;

– **наскрізні споруди**, які будують для регулювання русла та наносів через перерозподіл витрат води по ширині русла і створення біля берегів сповільнених (нерозмивних) швидкостей течії.

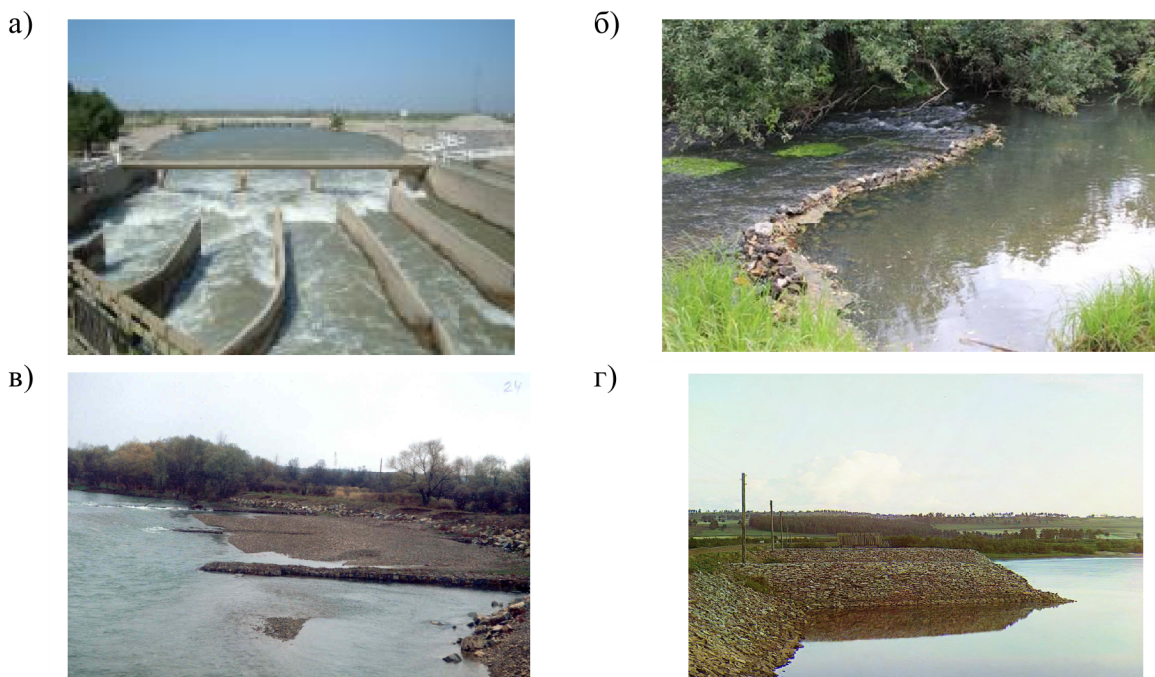


Рисунок 2.11 – Регуляційні споруди:
а) струмененапрямні дамби; б) затоплювані загати; в) напівзагати; г) буни



Рисунок 2.12 – Роттердамська гребля, Нідерланди



Рисунок 2.13 – Гребля на р. Темза в м. Лондон, Великобританія

Регуляційні споруди призначені для зміни напрямку течії річкового потоку. Вони можуть примикати до берега або розташовуватись на заплаві без зв'язку з ним. За розташуванням у плані ці споруди поділяють на *поздовжні*, які влаштовують уздовж берега (струмененапрямні дамби), і *поперечні*, що влаштовують під деяким кутом до напрямку течії (буни, загати, хвилерізи, донні щити).

Тип споруд має відповідати особливостям ріки. Вибір типу споруд, їхні розміри і розташування мають бути пов'язані з обрисом берега у плані, геологічною будовою берега і його гідрогеологічними особливостями. Укріплення тільки надводної частини споруди без відповідного укріплення підводної не допускається. Конструкція і поперечний переріз кожної споруди мають відповідати швидкості, змінному режимові й напрямку течії.

Застосування *поздовжніх дамб* має істотні недоліки: висока вартість споруд, труднощі виправлення помилки в ширині звуження, можливість підмиву основи дамби поздовжньою течією з боку напірної грані. Заміна дамб *напівзагатами* бажана тому, що під час будівництва напівзагат відновлення берега відбувається природним шляхом і загати легко нарощувати. Будівельна вартість напівзагат нижче вартості дамб. Але короткі напівзагати біля увігнутих берегів приносять мало користі, тому тут краще застосовувати дамби, а біля опуклих берегів – напівзагати.

Одними з найпоширеніших конструкцій, що стабілізують річковий і морський берег, є *буни* й *хвилерізи* (рис. 2.14). Це масивні споруди, які розміщують перпендикулярно чи під кутом до берегової лінії, заглиблюючи їх корінну основу в корінну породу. Буни перерізають рухливу частину наносів і перешкоджають їхньому поздовжньому переміщенню. У результаті виникають умови для замулення ділянок між бунами і часткового гасіння енергії води, що веде до формування плавної та стійкої берегової лінії. Область ефективного

використання бун – це стабілізація надводних схилів і пляжів. Підводні схили стабілізувати з їхньою допомогою не виявляється можливим, тому для захисту підводної частини схилів проєктують не тільки буни, а також хвилерізи (хвилеломи). Хвилеломи бувають затопленого і незатопленого типів із залізобетону або бетону. Перевага бун перед поздовжніми дамбами полягає в можливості їхнього поступового подовження для належного звуження русла. Істотний недолік поперечних регуляційних споруд полягає в можливості сильного підмивання оголовків.



Рисунок 2.14 – Буни й хвилеломи у Тель-Авіві, Ізраїль

Усі регуляційні споруди повинні мати таку конструкцію, масу, розмір і якість використаних матеріалів, щоб бути міцними, стійкими, достатньо довговічними й економічними. Вони мають бути стійкими проти руйнівної механічної і хімічної дії води, дії живих організмів. Конструкція їх повинна забезпечувати зручність і безпеку огляду в процесі експлуатації.

Регуляційні споруди будують у зонах інтенсивного переміщення наносів, тому необхідно проводити низку заходів щодо попередження їхнього підмивання. До таких заходів належать: заглиблення фундаментів споруди нижче глибини розмиву; розміщення фундаментів на міцному скельному дні; надання споруді таких гідравлічних форм, за яких підмивання основи не виникають; захист основ від підмивання за допомогою шпунтового огородження; влаштування гнучких фундаментів. Примикання споруд до берега і закладання їхніх коренів необхідно робити у таких місцях, де немає зсувів, обвалів тощо. Недотримання цієї вимоги може призвести до руйнування захисних споруд силами, які діють з боку берега.

2.1.6 Регулювання стоку і витрат ріки

Акумуляція річкового стоку здійснюється шляхом улаштування водосховищ у верхів'ях річок [36]. Витрати води під час розливу рік зменшують будівництвом *розвантажувального обвідного каналу* чи *водосховищами*, які утворюють за допомогою гребель (рис. 2.15, а). Найчастіше регулювання стоку здійснюють, влаштовуючи одночасно і водосховище, і обвідний канал (рис. 2.15, б) [53].

Розвантажувальний обвідний канал дозволяє перехопити частину витрат води перед територією, що захищається, відвести його за межі цієї території і скинути нижче за течією ріки. У посушливих районах канал може використовуватись для транспортування води до зрошуваних територій.

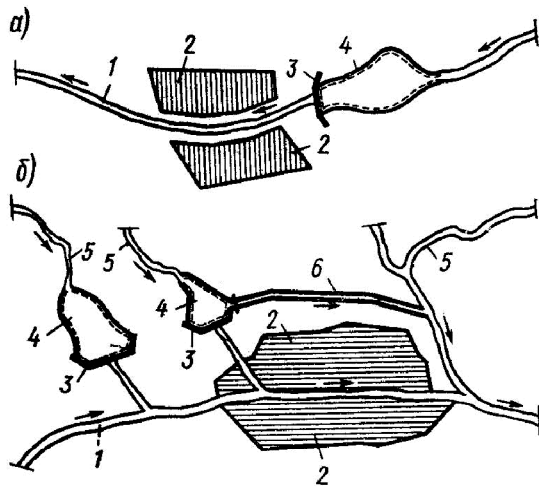


Рисунок 2.15 – Схема захисту міста від затоплення регулювання стоку [53]:
а) водосховищами; б) водосховищами і обвідним каналом;
1 – ріка; 2 – місто; 3 – гребля; 4 – водосховище; 5 – притоки ріки; 6 – обвідний канал

Канали розраховують на пропуск необхідних витрат у період паводка. Регулюючи витрати паводків, що рідко повторюються, можна значно зменшити розміри водовідвідних споруд та їхню вартість. Таке регулювання можна здійснювати за допомогою закритих чи відкритих ємностей, які заповнюються у періоди короткочасних пікових витрат мережі. Доцільно створювати ємності на природних водоймищах, які не використовуються для купання, забору питної води, чи влаштовувати штучні

ставки-регулятори.

Ідея регулювальних ставків полягає у влаштуванні обвідного колектора, що приймає частину розрахункових витрат води із скиданням іншої частини води у ставок (рис. 2.16). Ставок є регулювальною ємністю, що затримує частину витрат води протягом деякого часу. Найчастіше штучні ставки розміщують у зелених масивах, де вони можуть використовуватись як декоративні елементи, сприятливо впливаючи на мікроклімат території.

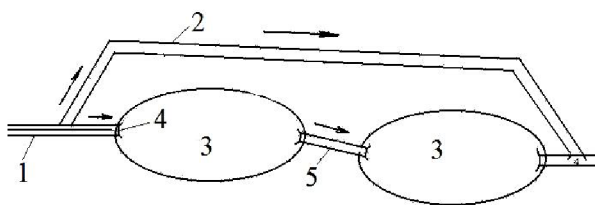


Рисунок 2.16 – Схема водорегулювальних ставків:
1 – колектор зливової каналізації; 2 – обвідний колектор; 3 – ставки; 4 – випуски з колекторів; 5 – випуск між ставками

ставків, розташованих у місцях природного зниження рельєфу.

Штучні водоймища викопують або створюють підпором води на потоках невеликих річок чи ярів. Чаші ставків заповнюються водою завдяки природним джерелам живлення, а також господарського чи міського водопроводу. Ставки-регулятори влаштовують за різними схемами з використанням одного водоймища чи каскаду

Створюючи нові та реконструюючи існуючі ставки і водоймища на території населених пунктів, необхідно пересвідчитися, що якість води в них відповідає санітарним нормам відповідно до їхнього використання. У водоймищах необхідно забезпечити періодичність обміну води за літньо-осінній період залежно від площі дзеркала води і характеру використання: у декоративних водоймищах при площі дзеркала до 3 га – 2 рази, при площі більше 3 га – 1 раз; у водоймищах для купання – відповідно 4 і 3 рази, а при площі 6 га і більше – 2 рази [70].

Середня глибина води у водоймищах, розташованих на території поселень, у весняно-літній період має бути не менше за 1,5 м, а в прибережній акваторії, за умови періодичного видалення рослинності – не менше за 1 м [70].

Проектування регулювальних ставків охоплює визначення габаритів і ємності ставка, установлення нормального і максимального горизонтів води, визначення витрат обвідного колектора і розрахунок регулювальної ємності ставка, визначення розрахункових витрат колектора нижче ставка.

Рівняння **балансу стоку** має вигляд:

$$W = W_{cm} + W_{об}, \quad (2.8)$$

де W – обсяг стоку, m^3 ; W_{cm} – обсяг води, що затримується ставком, m^3 ; $W_{об}$ – обсяг води, що пропускається обвідним колектором, m^3 .

Витрати води в обвідному колекторі розраховують так:

$$Q_{об} = \alpha Q_p, \quad (2.9)$$

де $Q_{об}$ – витрати води, що пропускаються обвідним колектором, m^3/c ; Q_p – розрахункові витрати у місці водовипуску з колектора в ставок (незарегульовані витрати), m^3/c ; W – обсяг стоку води за період паводка, m^3 ; W_{cm} – обсяг води у ставку, m^3 ; α – коефіцієнт регулювання або відношення зарегульованих витрат до розрахункових:

$$\alpha = 1 - W_{cm} / 0,7 W, \quad (2.10)$$

Обсяг стоку води за період паводка визначають за формулою:

$$W = Q_p \cdot t_p \cdot 60, \quad (2.11)$$

де t_p – розрахунковий час стікання, хв.

Регулювальну ємність ставка знаходять так:

$$W_{cm} = 60 K Q_p t_p, \quad (2.12)$$

де K – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта регулювання α (табл. 2.2).

Розрахункові витрати в колекторі нижче ставка розраховують за формулою:

$$Q = \alpha Q_{об} + Q_n + Q_{зв}, \text{ л/с}, \quad (2.13)$$

де $Q_{об}$ – розрахункові витрати, що пропускаються обвідним колектором без скидання у ставок, л/с; Q_n – розрахункові витрати з площі, розташованої нижче ставка, л/с; $Q_{зв}$ – середні витрати при звільненні ставка, л/с.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнта K

α	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
K	0,3	0,09	0,16	0,25	0,35	0,46	0,59	0,73	1,15

Під час розрахунку ємності ставків враховують втрати води на випаровування та фільтрацію.

Утрати на випаровування визначають за формулою В. К. Давидова:

$$Z = 0,55(1 + 0,12V)d^{0,8}, \quad (2.14)$$

де Z – середня добова величина випаровування; d – середня добова величина дефіциту вологості, обчислена для висоти 2 м від землі; V – швидкість вітру, м/с.

Фільтрація з водоймища залежить від умов залягання гірських порід у дні та схилах і їхнього складу. Якщо ложе водоймища складено з дрібнозернистих ґрунтів, розрахунок фільтрації ведуть за формулою Дарсі:

$$q = K \cdot \omega \cdot i = K \cdot S \cdot H / L, \quad (2.15)$$

де q – втрати води, м³/добу; ω – площа поперечного перерізу фільтрувального потоку, м²; H – різниця напорів у двох точках, м; L – довжина фільтраційного шляху між цими точками, м; K – коефіцієнт фільтрації для певного ґрунту, м/добу (табл. 2.1).

Вважають, що водоймище знаходиться у гарних гідрогеологічних умовах у разі втрат 0,5 м/рік; середніх – 1,0 м/рік; важких – 2,0 м/рік.

Противільтраційні заходи дуже різноманітні й обумовлюються причинами, що викликають витік води, й умовами, у яких вона протікає. Основні противільтраційні заходи: закладення карстових воронок глиною і глиноцементним розчином; солонцювання верхнього шару ґрунту чаші водоймища; штучне ущільнення ґрунту; цементация, бітумізация тощо.

Благоустрій природних і штучних ставків здійснюють відповідно до їхнього призначення. Глибина води має бути не менше за 1,5 м. Берегові укоси

ставка укріплюють різними матеріалами згідно із загальним благоустроєм території.

Санітарні умови в ставках і озерах забезпечуються їхньою проточністю чи регулярною зміною води. Найменшою нормою водообміну варто вважати дво- або трикратний обмін протягом літнього сезону. Глибина води у ставках у літній період, окрім прибережної смуги, має бути не менше за 2 м. У ставки забороняється скидання промислових і атмосферних вод.

Проектування водосховищ

Водосховища регулюють стік ріки способом зниження максимальних витрат завдяки утриманню частини стоку і пропуску води, що не викликає затоплення територій. Їх влаштовують вище населених місць, що захищаються, у природних западинах, використовуючи рельєф місцевості. Розміри водосховищ визначають із розрахунку.

Найбільш істотний ефект у підвищенні рівня водостоку досягається способом влаштування водопідйомної регулюючої *греблі* (рис. 2.17). Греблі розташовують на основній річці або на її притоках. Рекомендується проектувати греблі у вузьких місцях ріки для зменшення довжини греблі й обсягів робіт.

Для регулювання рівня води у водосховищі на греблях будують *водоскиди* або *водопропускні отвори* в тілі греблі (рис. 2.18).

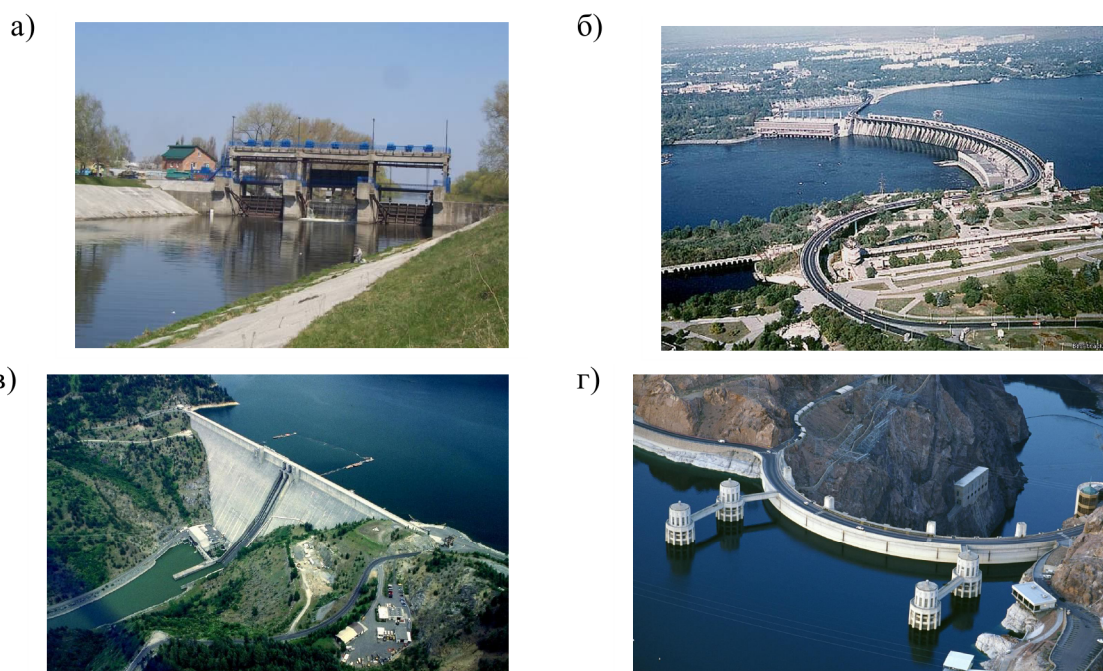


Рисунок 2.17 – Греблі:
а) Журавлівська, м. Харків, Україна; б) Запорізька, Україна; в) Дворжак, США;
г) Гувера, США

Через створення водосховищ можуть забруднюватись поверхневі й підземні води, тому необхідно проводити спеціальні заходи щодо запобігання влучення поверхневих стічних вод у водоймище і захисту від фільтрації води у ґрунт.

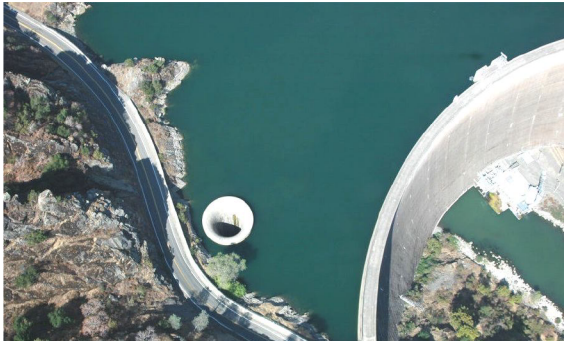


Рисунок 2.18 – Водоскид

захищають від руйнування.

Через зниження швидкості течії води в річці перед водосховищем відбувається накопичення наносів у водосховищі. Для зменшення замулення проєктують спеціальні споруди – струмененапрямні дамби, донні напівзагати. Береги водосховищ і каналів, укоси земляних гребель можуть розмиватись, підмиватись, обвалюватись, зсуватись, тому їх

2.1.7 Укріплення берегових укосів

Відстань між лінією регулювання ріки (лінією пересічення горизонту межених вод з укосами берегів) і червоною лінією міської забудови називають **береговою смугою**. Берегова смуга складається з набережної і берегового схилу. На міських територіях благоустрій берегових смуг проєктують, враховуючи технічні, економічні та екологічні вимоги, але особливе значення надають естетичним вимогам.

Берегоукріпна споруда – інженерна споруда для захисту берегової смуги від затоплення, розмивання, підмивання. **Берегоукріплення** – це термін, який об'єднує весь комплекс робіт із укріплення та захисту прибережної смуги природних і штучних водойм від підмивання, обвалу й ерозії берегового схилу під впливом течії та хвиль, а так само розмивання зливовими потоками. Під час укріплення берегових укосів враховують архітектурно-планувальні вимоги, геологічні й кліматичні умови, методи виробництва робіт і використання місцевих будівельних матеріалів, швидкість течії води у річці, рівень припаю льоду, рівень при льодоході, рівень межених і високих вод. Вибір типу укріплення і матеріалів для них необхідно вести на підставі техніко-економічних обґрунтувань і порівнянь варіантів з урахуванням будівельних і експлуатаційних витрат.

Залежно від функціональних і конструктивно обумовлених особливостей роботи берегозахисні споруди поділяють на **берегозахисні, огорожувальні, протизсувні та спеціальні** [39].