

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біології, географії та екології
Кафедра географії та екології

ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ В МЕЖАХ ДОЛИН РІЧОК
ЯК ЗАСОБИ БОРОТЬБИ ІЗ ЗАТОПЛЕННЯМ ТА ЕРОЗІЄЮ

Кваліфікаційна робота (проект)
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконав здобувач 2 курсу 05-213М групи
Спеціальності 103 Науки про Землю
Освітньо-наукової програми
«Науки про Землю»

Ковалик Іван Васильович

Керівник: к. геогр. н., доцент Давидов О.В.

Рецензент: доцент, к. геогр. н., доцент кафедри
фізичної географії, природокористування і
геоінформаційних технологій Одеського
національного університету імені І.І. Мечникова
Муркалов О.Б.

Івано-Франківськ – 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1. Гідротехнічні споруди в річкових системах	5
1.1. Гідротехнічні споруди та їх просторове поширення	5
1.2. Генетичне різноманіття гідротехнічних споруд	8
1.3. Екологічне різноманіття та природоохоронне значення	13
Розділ 2. Методика дослідження гідротехнічних споруд	15
2.1. Методика розрахунку земляних гідротехнічних споруд	15
2.2. Методика застосування видів укріплення при проривах ГТС	20
Розділ 3. Гідротехнічні споруди в межах долин річок Івано- Франківської області	24
3.1. Просторове розташування та загальна характеристика	24
3.2. Системи боротьби із затопленням	28
3.3. Системи боротьби із ерозією	31
Розділ 4. Еволюційні тенденції гідротехнічні споруди в умовах глобальних кліматичних змін	34
4.1. Повеневий вплив на досліджувані берегові гідротехнічні споруди	34
4.2. Оцінка наслідків прориву та руйнування гідротехнічних споруди	36
Висновки	40
Список використаних джерел	41

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження гідротехнічних споруд в річкових системах є важливою проблемою сучасної науки, оскільки прямо впливають як на інфраструктуру в прибережних територіях так і на безпеку проживання населення. Дане питання враховує комплекс факторів, яке піднімає як і проблеми екології так і проблематику самого вирішення пов'язане із проектуванням даного типу рішень. Враховуючи актуальність даних об'єктів та даного питання під час детального аналізу підходів, врахування поведінки та динаміки руйнування річкових долин під час повеней та ерозії дослідження такого питання набуває особливого значення.

Мета роботи - проаналізувати гідротехнічні споруди долин річок, визначити її генезис, еволюційні тенденції та природоохоронне значення.

Для відображення поставленої мети були виконані наступні **задачі**:

1. Визначити поняття гідротехнічних споруд, їх різноманіття та просторове поширення.
2. Вивчити методика проведення досліджень гідротехнічні споруди.
3. Дослідити екологічне різноманіття впливу гідротехнічні споруд на середовище.
4. Визначити вплив глобальних кліматичних тенденцій на різноманітні гідротехнічні споруди та їх природоохоронне значення.

Об'єктом дослідження є гідротехнічні споруди земляного типу в річкових системах в Івано-Франківській області.

Предметом дослідження є визначення гідротехнічних споруд в межах долин річок, як засоби боротьби із затопленням та ерозією, аналізом їх просторового поширення, екологічного різноманіття та еволюційних тенденцій зумовлених глобальними кліматичними змінами.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи. Аналіз розрахункових методик по підвищенню рівня якості виконання земляних дамб в глибинах річок на основі реального практичного досвіду та можливими пропозиціями щодо доповнення характеру конструкцій в зв'язку із великими руйнуваннями при виконанні їх звичайним методом

Практичне значення матеріалів кваліфікаційної роботи. Результати та дані дослідження можна використовувати при обґрунтуванні виду берегозахисту

Структура роботи. Обсяг роботи становить 40 сторінок.

Робота складається з таких розділів:

Вступ, де наведена актуальність роботи, визначена мета та задачі роботи, об'єкт та предмет дослідження, методи дослідження, визначена наукова новизна та практичне значення.

У розділі 1, представлені теоретичні матеріали, щодо дослідження гідротехнічних споруд в річкових системах.

У розділі 2, розписуються методики проектування та розрахунку гідротехнічних споруд.

У розділі 3, наведені дані по об'єктах роботи та принципах відновлення територій після повені.

У розділі 4, надані матеріали по аналізу наслідків прориву під час руйнування гідротехнічних споруд.

Висновки. Представлені результати дослідження.

Список використаних джерел. В роботі представлено 27 ресурсів, це включає літературні джерела та електронні посилання.

РОЗДІЛ 1. ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ В РІЧКОВИХ СИСТЕМАХ

1.1. Гідротехнічні споруди та їх просторове поширення

Гідротехнічні споруди – це інженерні споруди, що підпадають під вплив водного середовища, призначені для використання і охорони водних ресурсів, а також для захисту від шкідливого впливу вод [1, 2, 3].

Класифікація ГТС

За місцем розташування ГТС поділяються на **річкові, морські, озерні, ставкові, підземні**.

За цільовим призначенням: **комплексного призначення і спеціального** (меліоративні, водноенергетичні, воднотранспортні, лісосплавні, рибогосподарські, для водопостачання, протиаводкові) [1, 2, 3].

За умовами взаємодії з водотоком: **водо підпірні** (греблі, дамби в складі греблі); **водопровідні** (канали, водоводи, галереї, тунелі); **водозабірні**; **водоскидні** (водозливи, глибинні водоскиди); **регуляційні** (струмененаправлючі дамби, берегоукріплюючі споруди) [1, 3, 4, 5].

Гідротехнічними спорудами спеціального призначення є:

- споруди для використання водної;
- споруди водного транспорту;
- гідромеліоративні комплекси);
- споруди для водопостачання та каналізації;
- споруди для рибного господарства).

Гідротехнічні споруди бувають річкові, морські й озерні; наземні та підземні; в разі потреби їх об'єднують у гідровузли [1, 2, 3].

Гідровузол - група гідротехнічних споруд, об'єднаних умовами сумісної роботи та розташування [1, 2, 3].

Гідротехнічні системи – комплекс гідротехнічних споруд, які можуть бути розташовані на значній відстані одна від одної, але виконують спільне водогосподарське завдання [1, 2, 3].

За умовами використання: постійні та тимчасові.

За матеріалом: земляні, кам'яні, бетонні, дерев'яні.

Особливості і умови роботи ГТС

Гідротехнічні споруди працюють у постійному контакті з водою, яка чинить на них механічну, фізико-хімічну та біологічну дію [1, 2, 3].

Механічна дія води проявляється у вигляді статичних і механічних навантажень: гідростатичний тиск, хвилі, фільтраційний потік, сейсмічна дія [1, 2, 3].

Хімічна суфозія ґрунту, корозія металевих елементів та бетону.

Біологічна дія: заростання трубопроводів, гниття дерев'яних споруд.

Особливі будівельні умови. Пропуск потоку під час будівництва, пропуск паводків [1, 2, 3].

Вплив на навколишнє середовище.

Умови застосування і класифікація гребель

Греблею називається водо підпірна споруда, яка перетинає русло ріки.

Греблі класифікують:

- За метою влаштування:

Греблі що створюють підпор – водо підпірні греблі;

Створення водосховища .

- За можливістю пропуску води: глухі греблі ; водоскидні.

- За матеріалом: із ґрунтових матеріалів; бетонні, залізобетонні, дерев'яні [1, 2, 3].

- За висотою створення напору: низьконапірні до 25 м; середньонапірні 25-75 м; високонапірні більше 75 м.
- За характером основи: на м'якій основі та на скельній основі.

Клас відповідальності споруд.

Клас наслідків (відповідальності) об'єкта будівництва визначається згідно з вимогами ДБН В.1.2-14-2009 "Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ" [1, 2, 3].

ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва зі змінами.

ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення Віднесення об'єкта будівництва до відповідної категорії складності здійснюється **проектувальником і замовником** [1, 2, 3].

Гідротехнічні споруди, в залежності від соціально-економічної відповідальності і наслідків можливих гідродинамічних аварій поділяють на класи та підкласи наслідків (відповідальності) . Остаточного класу наслідків (відповідальності) основних гідротехнічних споруд приймають таким, що дорівнює більшому із значень, прийнятих за [1] та [3].

Клас наслідків (відповідальності) комплексного гідровузла основних гідротехнічних споруд необхідно встановлювати за спорудою, віднесеною до більш високого класу наслідків (відповідальності) [1, 2, 3].

Стаття 32. Класи наслідків (відповідальності) будівель і споруд (Закон України Про регулювання містобудівної діяльності (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 34, ст.343) [1, 2, 5].

1.2. Генетичне різноманіття гідротехнічних споруд

Руслорегулюючі споруди повинні впливати на ерозійну діяльність водних потоків у руслах, а також змінювати їх режими в межах русел у напрямку, необхідному споживачам, захищаючи при цьому русла від шкідливих впливів потоку [4, 6, 7, 8].

Регуляційні споруди — це, як правило, **дамби**, що зводяться в руслах, і спеціальні покриття, що захищають береги від розмиву [4, 6, 7, 8]. Дамби, як правило, не перегороджують всієї ширини річки, а зводяться від берегів у поперечному, а іноді і поздовжньому напрямках стосовно основного русла. Іноді вони бувають у вигляді «порогів» на дні русла або ж як штучні виїмки руслового ґрунту, що уповільнюють швидкість водного потоку [4, 6, 7, 8].



Рис.1 Вигляд земляної дами

Регуляційні споруди здебільшого не створюють підпору води, але суттєво змінюють напрям та величину швидкості потоку, перерозподіляючи

їх і тим самим безпосередньо впливаючи на формування русла — його глибину, розміри і форму в плані [4, 5, 6]. Такі споруди використовуються у різних галузях водного господарства і можуть забезпечувати необхідні глибини, швидкості течії і форму русла для судноплавства і сплаву (лісу) на річках, створювати нормальні умови для забору води з річок, забезпечувати стабільність річкових берегів, необхідну для прибережних населених пунктів і різних підприємств [4, 5, 6].

На всій ділянці підпору L відбувається зміна глибин води h і швидкостей течії v (за однієї і тієї же витрати води Q) внаслідок зміни перетинів потоку [4, 5, 6]. При цьому, зберігається співвідношення: $v_1 < v_2 < v_3 < v_4 < v_5$ і $h_1 > h_2 > h_3 > h_4 > h_5$, тобто середні швидкості течії у верхньому б'єфі під час наближення до підпірної споруди зменшуються, а глибини зростають [4, 5, 6]. Внаслідок підвищення рівня води в річці, території, що до того були сухими, затоплюються. Площа ж затоплень, спричинених підпором, є різницею між загальною площею і площею водної поверхні у звичайному стані русла [4, 6, 7, 8].

Підпір води змінює не тільки рівні швидкостей течії і глибин у річці, а й режими підземних вод русла та берегів. На рис. 1, г наведено поперечний профіль річки та її долини [4, 6, 7, 8]. За рівня I води в річці до зведення підпірної споруди рівень ґрунтових вод займав положення ас, підземні води стікали до природньої дрени [4, 6, 7, 8]. За підпору (рівень II) вода верхнього б'єфу, фільтруючись у породи берегів, поступово насичує їх [4, 6, 7, 8]. Через деякий час поверхня ґрунтових вод займе положення а'с', наближаючись до рівня земної поверхні [4, 6, 7, 8]. На деяких ділянках глибина залягання підземних вод ($h_{п}$) може стати настільки малою (1–1,5 м і менше), що приповерхнева зона виявиться непридатною для сільськогосподарського використання або навіть заболочується [4, 6, 7, 8]. Подібна зона називається зоною підтоплення.

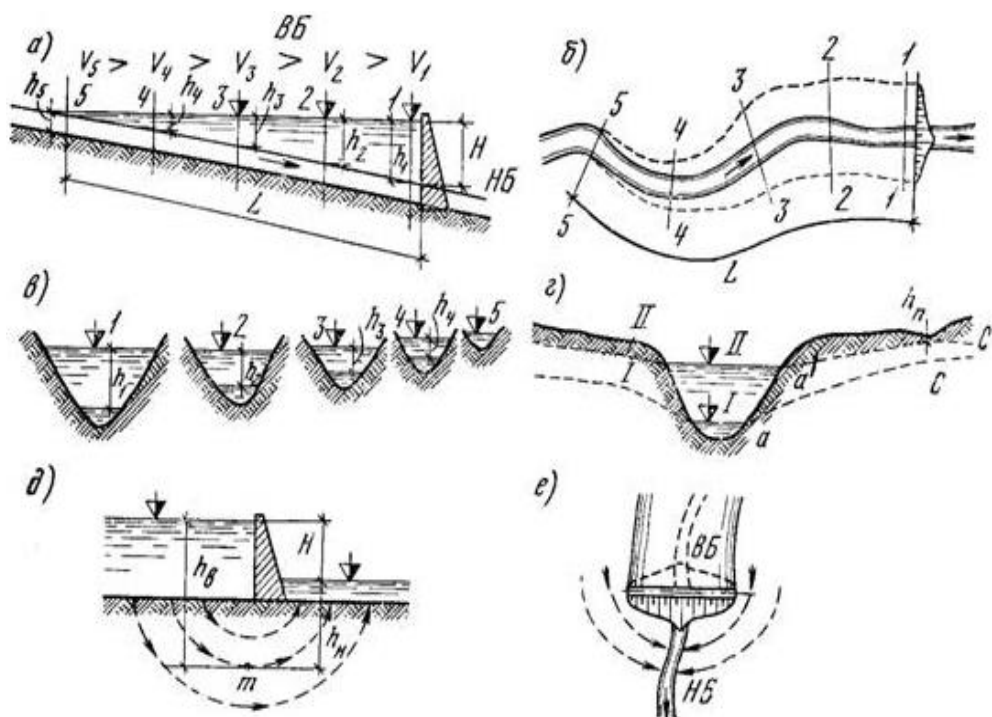


Рис. 1. Схема впливу підпірної споруди на річковий потік: НБ — нижній б'єф; ВБ — верхній б'єф; L — довжина ділянки підпору; H — рівень водної поверхні річки; v — швидкості течії; h_i — глибина води на i -му перетині; $h_{п}$ — глибина залягання підземних вод [4, 5, 6].

Завдяки підпору на частку води у точці m водопроникної основи буде здійснюватися з боку верхнього б'єфу більший тиск (h_v), ніж із нижнього б'єфу (h_n), через це вода буде рухатися у бік нижнього б'єфу [4, 6, 7, 8]. Відбувається явище, що має назву фільтрація води в основу споруди. При цьому частки води в основі рухаються з верхнього б'єфу до нижнього за певними траєкторіями (пунктир на рис. 1, г) [4, 6, 7, 8]. В результаті частина води з водосховища надійде в нижній б'єф підземним шляхом [4, 6, 7, 8].

Аналогічно виникає рух підземних вод по берегах в обхід підпірної споруди (рис. 1, е) [4, 6, 7, 8]. Це явище обумовлено різницею їх рівнів у верхньому (крива II на рис. 1, г) і нижньому б'єфах (крива I там же), що призводить до додаткових втрат води з водосховища [4, 6, 7, 8].

Завдяки підпорі і поступовій зміні швидкостей течії у верхньому б'єфі змінюється і здатність потоку транспортувати у зваженій та твердій формах осади [4, 6, 7, 8]. Ця здатність є пропорційною до квадрата швидкості потоку (v^2). Для часток різних діаметрів швидкість течії, за якої вони припиняють рух, випадаючи на дно, є різною. Тому в процесі зменшення швидкості течії у б'єфі починають випадати на дно спочатку найбільші частки, а потім дрібніші, і перед самою спорудою, де середні швидкості течії близькі до нуля, випадають найдрібніші частки — суспензійні [4, 6, 7, 8]. Вода стає практично чистою. Звільнена від осадів вода, яка потрапляє до нижнього б'єфу, знову насичується мінеральними частками за рахунок ґрунтів русла, розмивання русла і загальне зниження рівнів води в ньому вниз за течією відбувається доти, доки не настане рівновага між розмивною здатністю річкової води і опором ґрунту її дна і берегів [4, 6, 7, 8].

Таким чином, водопідпірна споруда впливає на всі елементи потоку і його русла, а також на підземні води але вона може спричинити ще більший ефект, регулюючи витрати води, що надходить до нижнього б'єфу річки [4, 6, 7, 8]. Якщо в споруді (греблі) зробити отвори з затворами, що дозволяють регулювати випуск води з верхнього б'єфу у нижній за необхідним споживачу графіком, то можна в періоди надлишку води в річці (наприклад, у межень), затримувати і накопичувати частину її у верхньому б'єфі, для того щоб за потреби випускати воду в нижній б'єф [4, 6, 7, 8]. У цьому випадку верхній б'єф має назву водосховища.

Руслорегулюючі споруди

Руслорегулюючі споруди повинні впливати на ерозійну діяльність водних потоків у руслах, а також змінювати їх режими в межах русел у напрямку, необхідному споживачам, захищаючи при цьому русла від шкідливих впливів потоку [4, 6, 7, 8]. Регуляційні споруди — це, як правило, дамби, що зводяться в руслах, і спеціальні покриття, що захищають береги від розмиву [4, 6, 7, 8]. Дамби, як правило, не перегороджують всієї ширини річки, а зводяться від берегів у поперечному, а іноді і поздовжньому напрямках стосовно основного русла [4, 6,]. Іноді вони бувають у вигляді «порогів» на дні русла або ж як штучні виїмки руслового ґрунту, що уповільнюють швидкість водного потоку [4, 6,].

Регуляційні споруди здебільшого не створюють підпору води, але суттєво змінюють напрям та величину швидкості потоку, перерозподіляючи їх і тим самим безпосередньо впливаючи на формування русла — його глибину, розміри і форму в плані[4, 6,]. Такі споруди використовуються у різних галузях водного господарства і можуть забезпечувати необхідні глибини, швидкості течії і форму русла для судноплавства і сплаву (лісу) на річках, створювати нормальні умови для забору води з річок, забезпечувати стабільність річкових берегів, необхідну для прибережних населених пунктів і різних підприємств[4, 6,].

Водопровідні споруди

Один з видів загальних гідротехнічних споруд — водопровідні споруди, що є штучними руслами[4, 6,]. У ґрунті це — канали, підземні тунелі, а на поверхні Землі — лотки і труби з різних матеріалів. Ці споруди транспортують воду для найрізноманітніших цілей: подають воду до турбін гідроелектростанцій, на зрошуванні землі, у системи водопостачання міст, промислових підприємств, а також відводять води з осушуваних земель. Вони використовуються і в якості водних шляхів — судноплавних і

сплавних, а також для інших цілей, створюючи штучні водні потоки, які рухаються згідно з тими ж законами гідравліки, що й природні[4, 6,].

До водопровідних споруд належать і водоскиди, що слугують для скидання води з водойм із верхніх б'єфів у нижні через отвори у греблях або в обхід гребель через берегові споруди[4, 6,].

Водопідпірні споруди (дамби, греблі) — це споруди, що перегороджують русло річки і створюють у ній підпір води. Матеріалом для греблі слугують бетон і залізобетон, а також дерево, камінь та різні ґрунти. Залежно від складу греблі називаються бетонними, залізобетонними, дерев'яними, кам'яними та ґрунтовими[4, 6, 7, 8]. Найбільш поширеними є греблі з бетону та ґрунтових матеріалів (піску, супісків, суглинків, глини, гравію галечнику та їх сумішей, а також із бутового каменю) [4, 6, 7, 8].

Водопідпірні споруди (греблі) мають надзвичайну здатність змінювати не лише режим стоку річки, а усі її гідравлічні елементи в напрямку, необхідному для водогосподарського її використання. Водопідпірні споруди (греблі) широко використовуються в усіх галузях водного господарства[4, 6, 7, 8].

Окрім гребель, що перегороджують річки, водопідпірними спорудами є дамби (або вали), які відгороджують окремі території від затоплення паводками або захищають акваторії (у портах) від впливу припливів, вітрових нагонів води, а також дамби, за допомогою яких створюють штучні басейни (наприклад, басейни гідроакумулюючих електростанцій — ГАЕС) [4, 6, 7, 8]. Окремими категоріями таких споруд є русла каналів.

1.3.Екологічне різноманіття та природоохоронне значення

Гідротехнічне будівництво складає особливу групу техногенного навантаження на надра. Воно включає створення водосховищ (для роботи гідроелектростанцій, питного і промислового водопостачання), будівництво

гребель, транспортних каналів і водоводів, системи регіональних і локальних ставків, виробничих відстійників, інших споруд [9, 10].

Основними видами порушення геологічного середовища при цьому будівництві є зміна режиму ґрунтових вод (в тому числі, підтоплення прилеглих площ), активізація процесів інфільтрації, заболочування, можливість забруднення підземних вод, збільшення навантаження на надра [9, 10].

Здійснення оцінки впливу на довкілля є обов'язковим у процесі прийняття рішень про провадження планованої діяльності, визначеної частинами другою і третьою статті [9, 10]. Така планована діяльність підлягає оцінці впливу на довкілля до прийняття рішення про провадження планованої діяльності [9, 10].

Оцінці впливу на довкілля не підлягає планована діяльність, спрямована виключно на забезпечення оборони держави, ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій, наслідків антитерористичної операції на території проведення антитерористичної операції на період її проведення, відповідно до критеріїв, затверджених Кабінетом Міністрів України [9, 10].

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

2.1. Методика розрахунку земляних гідротехнічних споруд

З'єднання тіла дамби з основою повинно запобігти зсувові і небезпечній фільтрації в площині їх спряження. Земляні греблі чи дамби можна зводити на будь-яких ґрунтах основи при відповідному врахуванні їх властивостей. Для щільного прилягання тіла дамби до основи необхідно зняти рослинний шар ґрунту на всю глибину до мінеральної основи (на глибину 0,3 ... 1,0 м) по всій підшві греблі [11, 12, 13]. Знятий шар ґрунту транспортують в сторону низового укосу і складують в резерви з метою подальшого використання його для рекультивації непридатних земель. Перед відсипкою тіла дамби, основу додатково розпушують за допомогою боронування, що сприяє кращому з'єднанню з основою. Дамбу відсипають шарами з ущільненням до оптимальної густини [11].

Якщо в основі залягають водопроникні ґрунти, то виконують додаткові елементи, які перешкоджають фільтрації води через основу. При товщині водопроникного шару ґрунту 2 ... 4 м виконують замок, який заходить на 0,5 ... 0,75 м у водоупор (рис. 1а), коли товщина водопроникного шару сягає 4 ... 6 м, то виконують зуб з шпунтом (рис. 1б). Якщо ж товщина більша – виконують висячий шпунт або понур (рис. 1в, 2г) [11, 12]. З'єднання тіла греблі з берегами виконують у вигляді похилих площин з короткими уступами для зручності виконання робіт. До початку робіт необхідно виконати зрізку рослинного шару ґрунту, який також транспортують в напрямку низового укосу і там складують [11, 12].

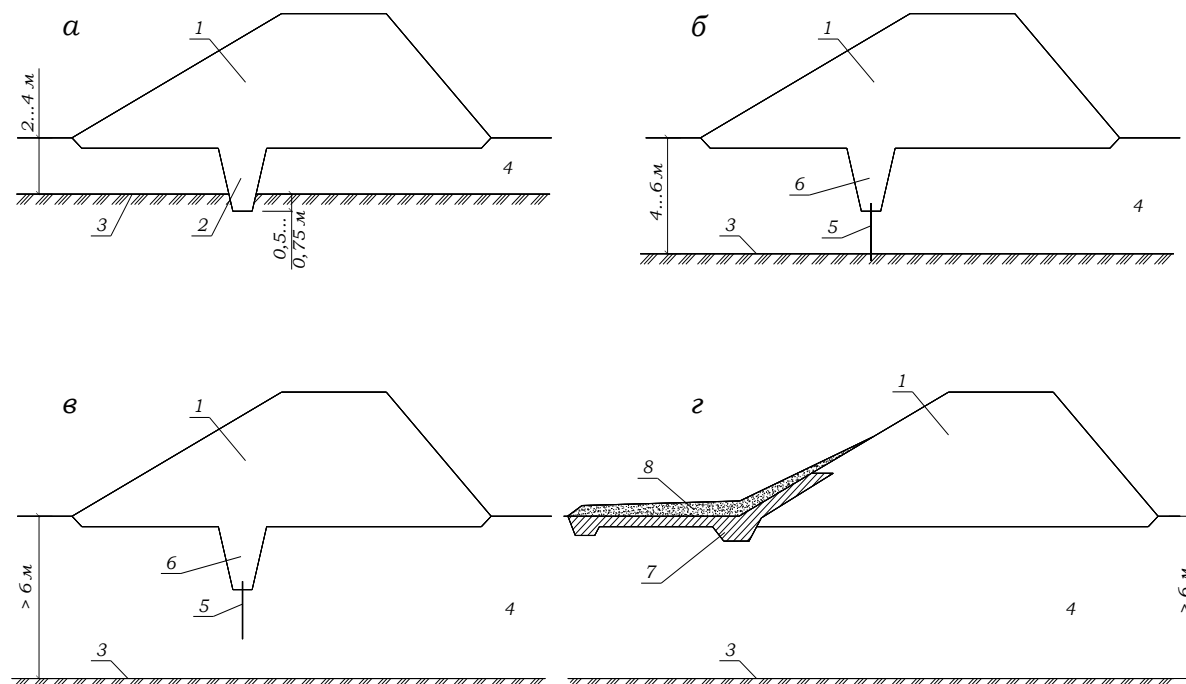


Рис. 1. Елементи дамби, що перешкоджають фільтрації води через основу [11, 12]:

а – дамба з глиняним замком; *б* – дамба, що має зуб з шпунтом; *в* – дамба з висячим шпунтом; *г* – дамбаз понуром.

1 – тіло дамби; 2 – замок; 3 – водоупор; 4 – водонепроникний ґрунт; 5 – шпунт; 6 – зуб; 7 – понур; 8 – захисний шар.

Висоту греблі або, іншими словами, позначку гребеня дамби вираховують за формулами [11, 12]:

$$Гр = НПР + a + \Delta h_{set} + (h_{run})_{1\%}, \quad (1)$$

$$Гр = \Phi P + \Delta h_{set} + (h_{run})_{50\%}, \quad (2)$$

де $Гр$ – позначка гребеня дамби, м;

$НПР$ – позначка нормального підпертого рівня водосховища, м;

ΦP – позначка форсованого рівня водосховища, м;

a – запас по висоті, м (додаток Б);

Δh_{set} – висота вітрового нагону води (при розрахунковій швидкості вітру), м [11, 12].;

$(h_{run})_{1\%}$, $(h_{run})_{50\%}$ – розрахункові висоти нахату хвилі на верховий укіс греблі з розрахунковою ймовірністю перевищення відповідно 1 і 50 %, м (рис. 1) [11, 12].

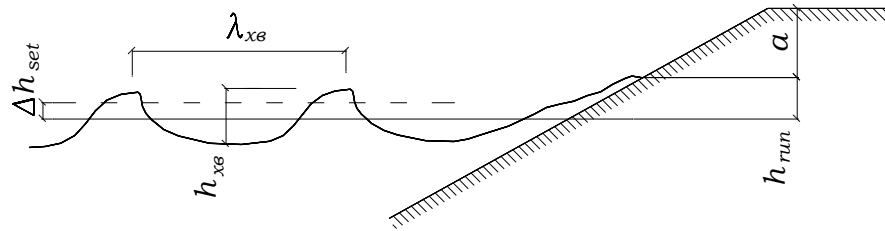


Рис. 2. Елементи хвилі

З двох значень Gr , отриманих за формулами (1) і (2), за позначку гребеня дамби приймають більше, заокругливши його в сторону збільшення [11, 12].

Висоту вітрового нагону води (Δh_{set}) рекомендується визначати за формулою:

$$\Delta h_{set} = \frac{k_w \cdot v_w^2 \cdot D \cdot \cos \alpha_w}{3 \cdot g \cdot H}, \quad (3)$$

де k_w – коефіцієнт, що дорівнює $6 \cdot 10^{-3}$;

v_w – розрахункова максимальна швидкість вітру, м/с (додаток В);

D – довжина розгону вітрової хвилі, км;

α_w – кут між віссю водосховища і напрямком переважаючих вітрів, град [11, 12].;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

H – максимальна глибина водосховища біля греблі, м (для розрахунку приймаємо значення форсованого рівня, тобто $H = \Phi P$) [11, 12].

Довжину розгону вітрової хвилі з певною точністю можна вирахувати за формулою [11, 12].:

$$D = H / i, \quad (4)$$

де H – висота шару води біля греблі (приймаємо значення форсованого рівня, тобто $H = \Phi P$);

i – ухил дна улоговини річки, де споруджується водосховище (приймаємо за завданням, величина i).

Кут α між віссю водосховища і напрямком переважаючих вітрів приймаємо за завданням (величина α) [11, 12].

Величини $(h_{run})_{1\%}$ і $(h_{run})_{50\%}$, що великою мірою залежать від швидкості вітру, крутизни і шорсткості укошу, а також від висоти хвилі $h_{xв}$, із деяким наближенням можна приймати рівними [11, 12]:

$$(h_{run})_{1\%} \approx 2 \cdot h_{xв}, \quad (5)$$

$$(h_{run})_{50\%} \approx 1,5 \cdot h_{xв}, \quad (6)$$

де $h_{xв}$ – висота хвилі, м.

Висоту хвилі визначаємо за формулою В.Г.Андріянова [11, 12]:

$$h_{xв} = 0,0208 \cdot v_w^{5/4} \cdot D^{1/3}, \quad (7)$$

де v_w і D – ті ж величини, що і в формулі (3).

Ширина гребеня дамби призначається, як правило, з таким розрахунком, щоб на гребені могла розміститись автомобільна дорога і пішохідні смуги, розміри якої встановлюють згідно з відповідними нормативними документами [11, 12]. Якщо ж дорога по верху не проектується, то ширину гребеня греблі приймають:

- не менше 3 ... 6 м для дамб висотою до 20 ... 30 м;
- не менше 6 ... 8 м для більш високих дамб.

Нахил укосів проектують таким чином, щоб забезпечити стійкість їх в умовах будівництва і під час експлуатації. Надто круті укоси можуть бути недостатньо стійкими і обвалитися, тоді як пологі викликають надлишок об'єму тіла греблі, що веде до збільшення їх собівартості [11, 12]. Тому крутизна укосів вибирається з великою ретельністю і додатково перевіряється розрахунком. Стійкість укосів залежить від крутизни, висоти, фізико-механічних властивостей ґрунту укосу і основи, вологості окремих зон укосу, а також від положення і напрямку руху фільтраційної течії в тілі дамби [11, 12].

Маючи ширину гребеня дамби, коефіцієнти верхового і низового укосів, висоту греблі, можна визначити ширину підосви греблі за формулою [11, 12]:

$$B = b + H_{ep} \cdot (m_h + m_t), \quad (8)$$

де b – ширина гребеня греблі, м;

H_{ep} – висота греблі, м;

m_h – коефіцієнт верхового укосу;

m_t – коефіцієнт низового укосу.

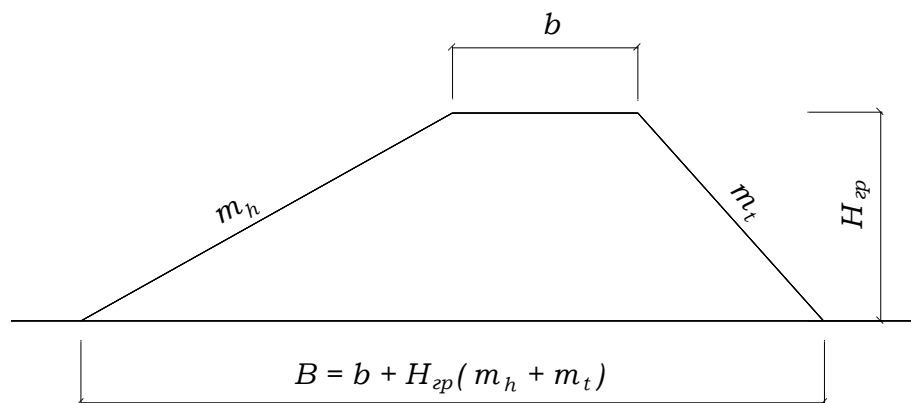


Рис. 3. Визначення ширини підосви дамби [11, 12].

2.2. Методика застосування видів укріплення при проривах ГТС

В практиці гідротехнічного проектування використовують такі конструкції дренажів [11, 12]:

- похилий дренаж;
- дренажна призма або банкет;
- плоский горизонтальний дренаж;
- стрічковий дренаж;
- трубчатий горизонтальний і вертикальний;
- комбінований дренаж.

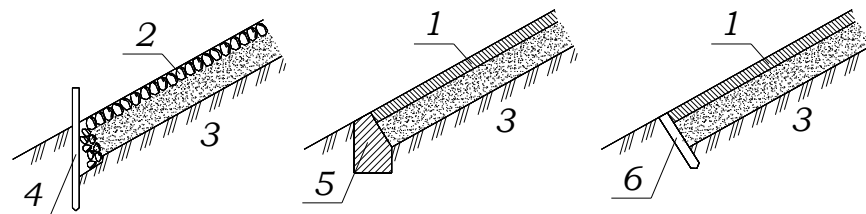


Рис. 4. Конструктивні схеми упорів[11, 12].

1 – плити покриття; 2 – мощення каменем; 3 – тіло греблі; 4 – дерев'яний упор; 5 – масивний бетонний упор; 6 – залізобетонний упор

Найбільш широке застосування дістав дренаж у вигляді банкету, тобто дренажна призма (рис. 5) [11, 12].

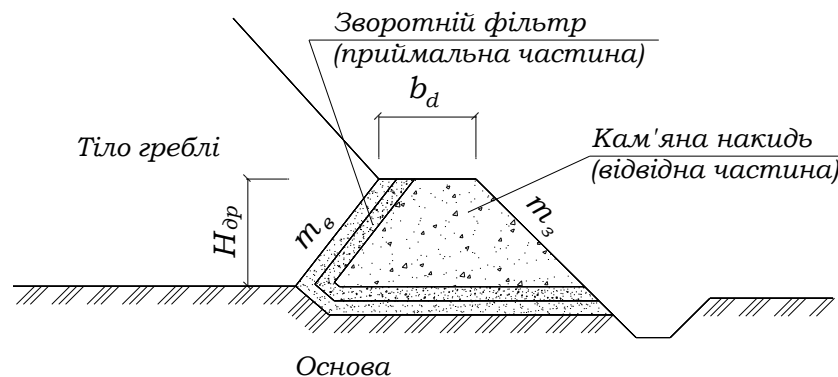


Рис. 5. Дренажна призма (банкет)

Він виконується в нижній частині низового укосу. За конструктивним вирішенням такий дренаж виконують з кам'яного накиду із зворотним фільтром зі сторони тіла греблі і основи [11, 12].

Основні розміри поперечного перерізу дренажної призми приймаються конструктивно [11, 12].:

- висота призми лежить в межах $(0,15 \dots 0,2) \cdot H_{ep}$, де H_{ep} – висота греблі;
- ширина дренажної призми по верху (b_d) повинна бути не менше 1 м, звичайно приймають в межах $(1,0 \dots 1,5)$ м;
- коефіцієнт укосу призми, яким вона заходить в тіло греблі, $m_e = 1,0 \dots 1,3$;
- коефіцієнт укосу призми з зовнішнього боку – $m_z = 1,3 \dots 1,5$.

Додатковим питанням в моделюванні та розрахунку дамб є просочування води через пори ґрунту під дією тиску, що створюється за рахунок напору. Фільтрація може бути безнапірною та напірною [11, 12].

Коефіцієнт фільтрації – це показник, що характеризує матеріал тіла греблі чи основи і вказує на довжину просочування фільтраційної води протягом доби [11, 12]. Вимірюється у м/добу.

Під дією напору в тілі греблі виникає фільтраційний потік (рис. 1), положення якого зверху обмежується вільною поверхнею, яку називають **депресійною** [11, 12]. При розгляді плоского потоку перетин цієї поверхні з вертикальною площиною прийнято називати **депресійною кривою**, чи **кривою депресії** [11, 12].

Суфозія ґрунту – це винос дрібних частинок ґрунту (вільних чи таких, що входять в скелет ґрунту) з тіла греблі під дією фільтраційної течії [11, 12].

Під впливом напору, який створює гребля, і в зв'язку з водопроникністю ґрунту проходить фільтрація води з верхнього б'єфа в

нижній як через тіло греблі, так і через основу. В тілі греблі виникає фільтраційний потік [11, 12].

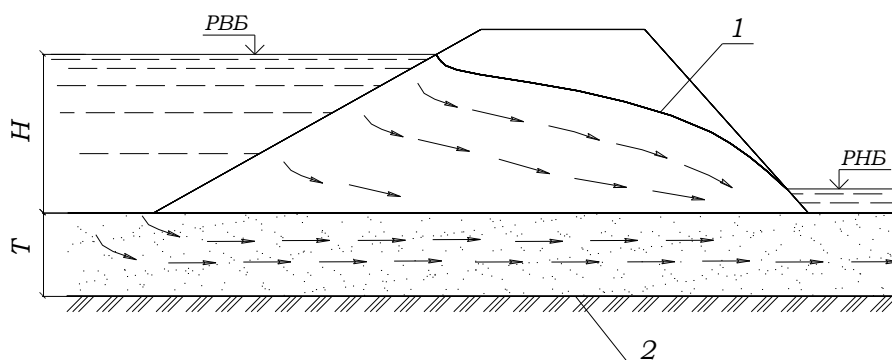


Рис. 6. Фільтрація через земляну греблю

1 – депресійна крива; 2 – водоупор.

Фільтраційний потік і його розміри суттєво впливають на конструкцію і умови роботи греблі, оскільки це обумовлює: втрати води з водосховища; пониження стійкості низового укосу і всієї греблі; накопичення льоду в зимовий період року на низовому укосі, що призводить до підвищення кривої депресії і ще більшого пониження стійкості; необхідність введення в греблю конструктивних елементів, які зменшують втрати води з водосховища і забезпечують організований відвод води, що профільтувалась [11, 12].

Для упевненості потрібно розробити і по будувати депресійну криву для умовного профілю дамби (рис. 7).

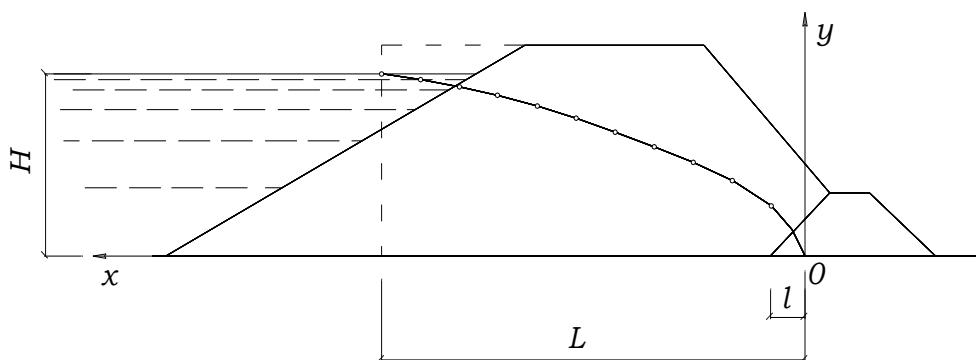


Рис. 7. Побудова депресійної кривої

Питання щодо фільтрації води через тіло ґрунтової греблі, яке має велике практичне значення, постійно досліджується [11, 12]. При цьому паралельно розвиваються гідромеханічний і гідравлічний методи розрахунку гребель.

Засновник гідравлічних методів розрахунку академік *М.М.Павловський* виконав розрахунки для більшості типів гребель та дамб [11, 12].

РОЗДІЛ 3.

ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ В МЕЖАХ ДОЛИН РІЧОК ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Просторове розташування та загальна характеристика

Типові схеми систем захисту сільських територій від шкідливої дії вод на основі протипаводкових водосховищ з резервними ємкостями розроблені на прикладі Карпатського регіону та особливо Івано-Франківської області, який є найбільш сприятливим для їх застосування [14,15,16,17].

Річкова мережа Українських Карпат та Прикарпаття являє собою басейни основних річок – Тиси, Дністра, Прута і Сірету, що впадають у Чорне море безпосередньо (Дністер) або через р. Дунай (рис. 7). У регіоні налічується понад 20 тисяч малих річок і потоків, на берегах яких знаходяться території близько 4 тисяч сільських населених пунктів [14,15,16,17].

Річкова мережа вирізняється значною густотою ($0,5 - 1,8 \text{ км/км}^2$), великим спадом (до 100 м/км), глибокими річковими долинами (понад 700 м), високою швидкістю течії (від $0,5 - 1,0$ до $5 - 6 \text{ м/с}$ і більше) [14,15,16,17].

На основі аналізу малюнків річкової мережі північного меґасхилу Карпатських гір встановлені типові схеми басейнів річок (рис.8).

Локальна система захисту передбачає влаштування окремих водосховищ і ставків або їх каскадів на малій річці вище населеного пункту, який потерпає від повеней і паводків [14,15,16,17].

Локальні Типові схеми систем захисту від шкідливої дії вод розрізняють з одним водосховищем, з каскадом водосховищ та водосховищами поєднаними з ГЕС і ГАЕС [14,15,16,17].

Створення систем захисту здійснюється на основі застосування місцевих матеріалів і використання трудових ресурсів, нових досягнень в

галузі будівельного матеріалознавства та технологій будівництва [14,15,16,17]. При створенні ставків і водосховищ значний інтерес представляють м'які і гнучкі греблі.

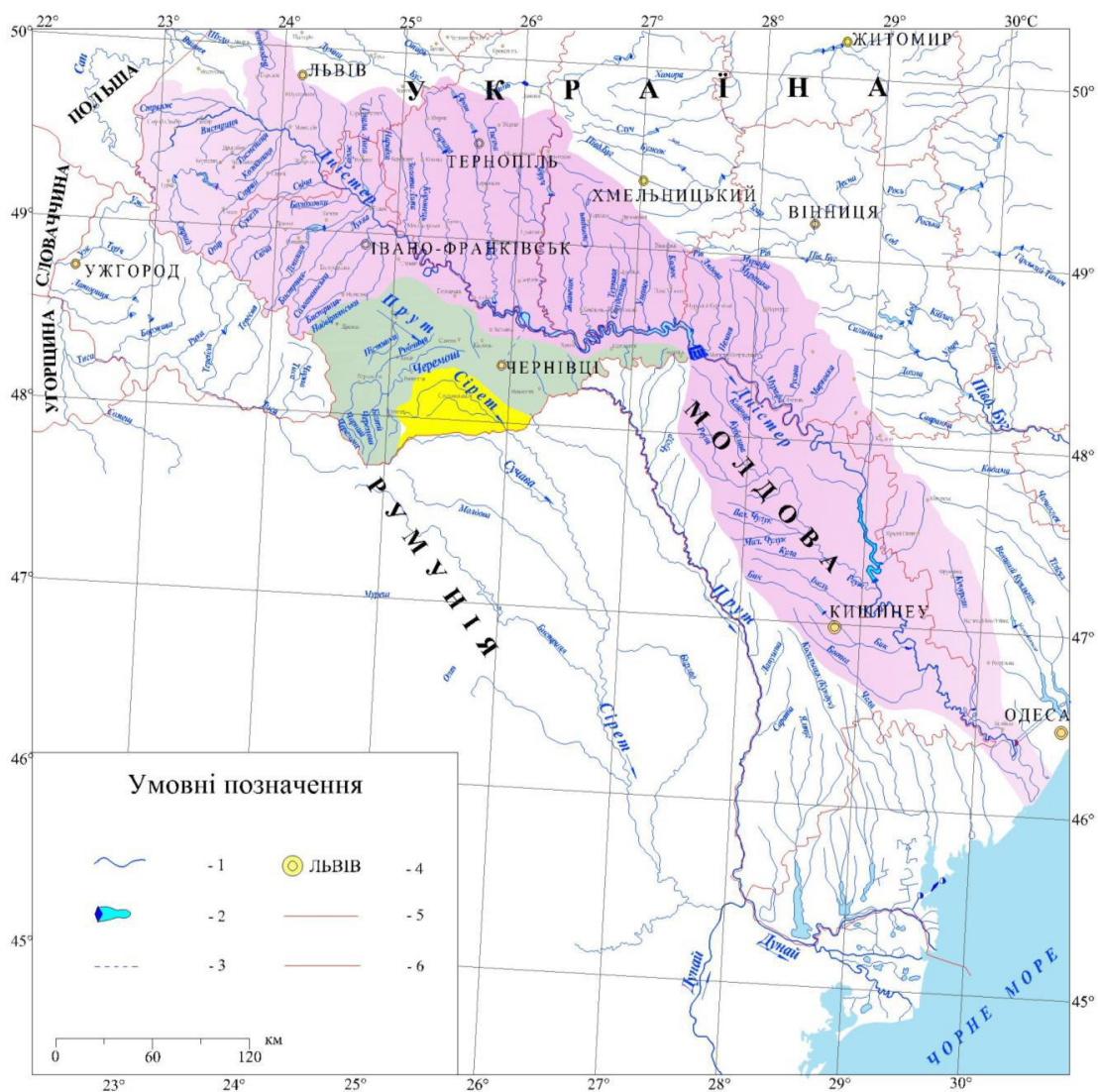


Рис. 8 – Схема річок Дністер, Прут і Сірет та їхніх притоків

1 – русло річки; 2 – водосховища; 3 – водогін Дністер–Чернівці; 4 – обласні центри; 5 – обласні границі; 6 – державні границі

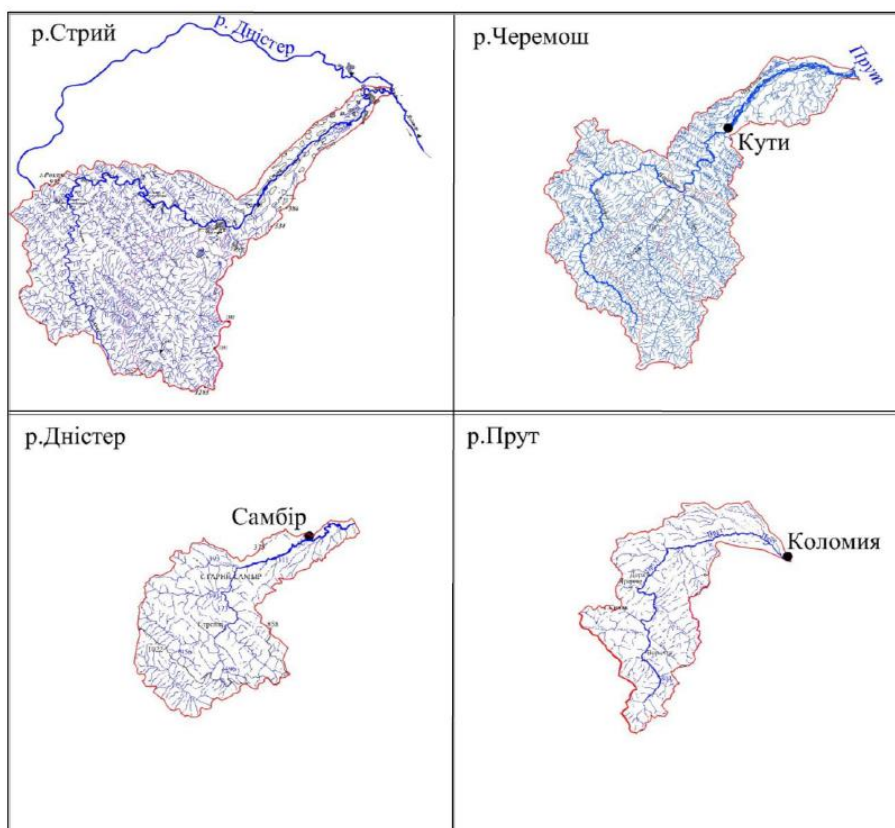


Рис. 9 Малюнок форми басейнів карпатських річок



Рис.10 – Регіональна типова схема захисту сільських територій від повеней і паводків у Карпатському регіоні [14,15,16,17].

Для аналізу було обрати об'єкти із влаштування земляних дам.

Перший об'єкт.

Це відновлення дамби на правому березі р. Бистриця Надвірнянська в с. Березівка Тисменицького району Івано-Франківської області, пошкодженої стихією 12-24 червня 2020 року [18].



Рис.11 р. Бистриця Надвірнянська в с. Березівка Тисменицького району

Другий об'єкт.

Внаслідок підйому води зруйновано 100 м водозахисної дамби на річці Прут в селищі Заболотів Снятинського району [19].

Щоб не допустити прориву дамби Дністровське БУВР проводить першочергові роботи зі стабілізації водозахисної споруди. На місці працюють 9 спеціалістів Заболотівської дільниці, 4 вантажних авто, два екскаватори [19].

Закріплено негабаритним каменем (250 м³) та мішками з піском (600 шт.) аварійну ділянку довжиною 30 м. Роботи продовжуються.



Рис.12 р. Прут в селищі Заболотів Снятинського району

3.2. Системи боротьби із затопленням

Затоплення території виникає, як правило, в результаті виливу рік, озер або інтенсивних опадів чи танення снігу. Періодичне затоплення території, вибраної для будівництва населеного пункту (один раз на певну кількість років) називається *ймовірністю перевищення* і виражається у відсотках (%). Якщо затоплення території відбувається один раз на 100 років, то ймовірність перевищення (ЙП) складає 1%, а на 50 років ЙП складає 2% тощо [20].

У відповідності з правилами планування і забудови населених пунктів території, які затоплюються частіше одного разу в 25 років (ЙП = 4%) з максимальним рівнем затоплення застави ріки більше як 0,6 м, відносяться до несприятливих територій, які потребують захисту від затоплення [20]. При затопленні території, призначеної для капітального будівництва, ймовірність забезпечення допускається в межах від 1% до 3%, що відповідає затопленню від одного разу в 100 років до одного разу у 33 роки [20].

У боротьбі з затопленням територій населених пунктів, які розташовані на берегах рік та інших водоймищ, використовують різні способи, які

залежить від місцевих умов, характеру ріки або водоймища (режиму, швидкості течії, рівня води тощо) та особливостей використання забудови та благоустрою території, яка періодично затоплюється [20].

Основними способами захисту території населених пунктів від затоплення є:

- 1) суцільна підсипка території, яка затопляється або підтопляється;
- 2) обвалування території шляхом огородження населеного пункту валами, влаштування захисних дамб (греблі) зі сторони ріки;
- 3) пониження рівня води в ріці в межах населеного пункту, регулювання стоку і витрат води шляхом будівництва водосховищ вище населеного пункту за течією води в ріці і створення відводного водоскидного русла.
- 4) збільшення пропускної здатності ріки в межах території населеного пункту для пропуску більшої кількості води шляхом розчистки та поглиблення русла ріки [20].

У багатьох випадках доцільно використовувати одночасно різні заходи в комплексі.

Крім періодичних затоплень, може бути постійне затоплення території населених пунктів, розміщених у зоні підпору греблі на великих ріках, а також при створенні штучних водосховищ [20].

Методи захисту території від затоплення залежать від висоти підпору і площі ділянки, цінності будівель і споруд на території, природних особливостей.

При неширокій смузі заплави ріки доцільна загальна підсипка на всій території до незатоплюваних відміток. При середній висоті підсипки (1,5-2,0 м) і наявності поблизу земляної маси ґрунту цей метод є економічно оправданим [20].

При широкій смузі території затоплення споруджують дамби обвалування. Верхня відмітка дамби повинна бути вищою, як рівень

поводкових вод. Ширина дамби приймається в межах 4,5 м, що забезпечує під'їзд експлуатаційного транспорту.

Разом з цим, при спорудженні дамб часто погіршуються умови архітектурно-планувального використання забудовані території: перекривається безпосередній зв'язок населеного пункту рікою, погіршуються санітарно-гігієнічні умови території, ускладнюються умови експлуатації підземних комунікацій, бо для відведення поверхневого стоку за межі дамби треба споруджувати станції перекачування води [20]. Збудова території можлива тільки після спорудження дамби. Однак при захисті від затоплення вже забудованих територій доцільне тільки спорудження дамб обвалування (рис. 13).

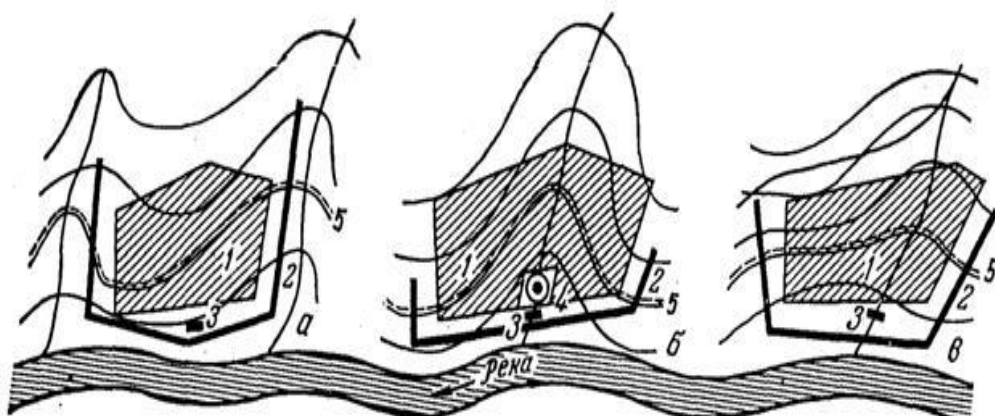


Рис. 13. Схема захисних споруд для населених пунктів у заплавної частині рівнинних рік

а – населений пункт між двома притоками ріки; б – населений пункт на притоці ріки; в – населений пункт на притоці ріки, русло відведене за межі дамби;

- 1 – населений пункт;*
- 2 – дамба обвалована;*
- 3 – насосна станція;*
- 4 – регулюючий басейн;*
- 5 – межа затоплення.*

На підтоплюваній території відбувається підвищення рівня ґрунтових вод, пониження якого забезпечується шляхом спорудження берегового дренажу вздовж підшови дамб обвалування [20]. При тимчасовому підпорі підземних вод вони випускаються з дренажної мережі за допомогою спеціальної станції перекачування.

Всі методи боротьби з затопленням території населених пунктів безпосередньо пов'язані з виконанням значних об'ємів земляних робіт, будівництвом спеціальних споруд і тому при проектуванні вимагають всестороннього аналізу і обґрунтування та вибору найбільш економічно доцільних і доступних варіантів проекту [20].

3.3. Системи боротьби із ерозією

Агролісомеліорація є однією з найперспективніших технологій у сфері агрономії. Вона включає висадку **дерев і чагарників на полях**, що сприяє зменшенню вітрової та водної ерозії [21]. Лісові насадження не тільки захищають ґрунт, але й підвищують його родючість за рахунок органічних решток, що розкладаються [21].

- Зменшення вітрової ерозії;
- Підвищення родючості ґрунту;
- Забезпечення біорізноманіття;

Отже, агролісомеліорація є важливим компонентом екологічного сільського господарства, який дозволяє одночасно вирішувати кілька завдань: збереження ґрунтів, підвищення врожайності та підтримання екосистемного балансу [21].

Покривні культури: природний захист ґрунту

Покривні культури, такі як люцерна, конюшина та гірчиця, стають все більш популярними серед фермерів [21]. Вони висаджуються між основними культурами і виконують кілька важливих функцій:

- Зменшення ерозії ґрунту
- Покращення структури ґрунту
- Збагачення ґрунту азотом

Ці рослини допомагають зберігати вологу, зменшують кількість бур'янів і покращують загальний стан ґрунту. Таким чином, використання покривних культур є важливим інструментом в екологічному землеробстві [21].

Захист ґрунту від руйнувань стає можливим завдяки впровадженню нових технологій у сільське господарство. Наприклад, застосування покривних культур є однією з найефективніших стратегій. Ці рослини не тільки зменшують ерозію, але й покращують структуру ґрунту та збагачують його поживними речовинами [21].

Захисні смуги: висаджування дерев та кущів вздовж полів допомагає зменшити швидкість вітру та водного потоку, що знижує ерозійні процеси.

Контурне орання: цей метод сприяє збереженню води та зменшенню її стоку, що позитивно впливає на стабільність ґрунту.

Мульчування: використання органічних і неорганічних матеріалів для покриття ґрунту допомагає утримувати вологу та зменшує випаровування.

Роль покривних культур у збереженні ґрунту

Покривні культури, такі як конюшина, люцерна або жито, вирощуються між основними культурами і виконують надзвичайно важливу роль у збереженні ґрунту. Вони не тільки захищають поверхню від ерозії, але й сприяють збагаченню ґрунту органічними речовинами, що підвищує його родючість. До того ж, покривні культури допомагають контролювати

бур'яни та зменшують потребу в пестицидах, що позитивно впливає на екологію[21].

РОЗДІЛ 4.

ЕВОЛЮЦІЙНІ ТЕНДЕНЦІЇ ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

4.1. Повеневий вплив на досліджувані берегові гідротехнічні споруди

Розглянемо основні поняття щодо прориву(руйнування) дамби. **Гідродинамічна аварія** – це надзвичайна подія, пов’язана з виведенням з ладу (руйнуванням) гідротехнічної споруди або її частини та некерованим переміщенням великих мас води, що несуть руйнування та затоплення великих територій [22,23,24,25,26,27].

Руйнування (прорив) гідротехнічних споруд відбувається в результаті дії сил природи (землетруси, урагани, розмив гребель) або впливу людини, а також через конструктивні дефекти або помилки проектування. Прорив греблі є початковою фазою гідродинамічної аварії і є процес утворення прорану і неконтрольованого потоку води водосховища з верхнього б’єфу в нижній б’єф, який спрямовується через проран. [24,25,26].

Проран – отвір (пролом), що утворився при прориві водним потоком напірної гідротехнічної споруди (греблі чи дамби) або під впливом зовнішніх факторів [26,27]. Потік води, що спрямовується в проран, утворює хвилю прориву, що має значну висоту гребеня, швидкість руху і володіє великою руйнівною силою [25].

Швидкість руху гребеня хвилі прориву становить [24,25,26,27]:

- для рівнинних річок – 8-10 км/год (2,2 – 2,8 м/с);
- для гірських річок – 12-20 км/год (3,3 – 5,6 м/с); (1)
- висота гребеня хвилі – 2-12 м.

Наслідки прориву греблі характеризується у стрімкому затопленні місцевості, що прилягає до річки, хвилею прориву та виникнення повені.

Затоплену частину території глибиною потоку $h_n > 0,5$ називають зоною можливого затоплення.

Залежно від наслідків впливу гідропотоку в зоні можливого затоплення виділяють зону катастрофічного затоплення, в межах якої поширюється хвиля прориву, що викликає масові втрати людей, руйнування будівель та споруд, знищення інших матеріальних цінностей [22,25,26,27]. Для рівнинних річок орієнтовні межі ділянок зон можливих затоплень за ступенем небезпеки впливу хвилі прориву на наземні об'єкти віддалені від греблі: - надзвичайно небезпечних ділянок 3-4 км - для небезпечних ділянок на 8-20 км [22,25,26,27].

Ділянки зони надзвичайно небезпечного затоплення характеризуються можливими повними та сильними руйнуваннями наземних будівель та споруд на більшій його частині за умови: - глибина потоку $h_n \geq 4$ м - швидкість потоку $V_n \geq 2,2$ м/с. Ділянки зони небезпечного затоплення характеризуються можливими середніми та слабкими руйнуваннями наземних будівель та споруд на більшій його частині за умови: - глибина потоку $h_n = (1-3)$ м - швидкість потоку $V_n = (1-1,5)$ м/с [22,25,26,27].

Зони можливого катастрофічного затоплення визначаються заздалегідь на стадії проектування гідровузла. Ці зони і характеристики хвилі прориву відображаються на картах і спеціальних атласах, які складаються для гідровузлів і великих гребель. Власниками цих документів є штаби Цивільного захисту, міністерства, відомства та їх служби на місцях, які зводять та експлуатують гідротехнічні споруди [22,25,26,27]. Час, протягом якого затоплені території можуть бути під водою, коливається від 4 годин до кількох діб. Розміри затоплення визначаються виходячи з обсягу водосховища, способів попуску води та характеристики річки нижче греблі найбільше затоплення буде в тих випадках, коли обсяг водосховища складе

не менше 5 млн.м³. Але й при цьому розміри хвилі попуску рідко виходитимуть за межі впливу паводків [25,26,27]. При повному і миттєвому руйнуванні гребель водосховищ обсягом десятки і сотні мільйонів кубометрів виникатимуть великі хвилі прориву часто катастрофічного характеру. Внаслідок цього відбудеться затоплення заплавл, долин та руйнування штучних споруд, що знаходяться нижче гідровузла[25,26,27]. Вплив таких хвиль прориву слід враховувати передусім при прогнозуванні розмірів затоплення. У тому випадку, коли гідровузли мають земляну греблю, розрахунок потрібно вести на повне її руйнування, тому що прорив води через невеликий пролом приведе до швидкого розмиву греблі[25,26,27].

Запропонована нижче методика прогнозування наслідків при проривах гребель водоймищ дозволяє отримати лише орієнтовні дані про масштаби затоплення. Більш якісні результати прогнозу можна отримати з використанням електронно-обчислювальної техніки за спеціально розробленими програмами.

Оцінка наслідків прориву та руйнування гідротехнічних споруди

Масштаби наслідків гідродинамічних аварій залежать від параметрів та технічного стану гідровузла, характеру та розмірів зруйнованої греблі (ширини прорану), обсягу запасів води у водосховищі, характеристик хвилі прориву та катастрофічного затоплення, рельєфу місцевості, пори року та доби [25,26,27].

Основними факторами катастрофічного затоплення є руйнівна хвиля прориву водяний потік і спокійні води, які затопили сушу та об'єкти економіки, житлово комунального та сільського господарства тощо

Ступінь та характер руйнувань при проривах греблі залежать від наступних факторів [25,26,27]:

- віддаленості об'єкта від греблі;
- величини динамічного впливу хвилі прориву на об'єкти, які будуть на шляху її руху;
- швидкісним натиском водного потоку;
- висоти рівня води біля об'єкта;
- тривалості затоплення.

Нижче пропонується послідовність прогнозування масштабів затоплення при проривах **гребель чи дамб** [25,26,27].

Вихідними даними є:

- об'єм водосховища, W , м³ ;
- глибина водосховища перед дамбою, H , м;
- ширина прорану (зруйнованої ділянки), B , м;
- відстань від об'єкта до греблі, R , км;
- позначка рівня води у річці у районі об'єкта чи розрахунковому створі до підходу хвилі прориву;
- пора року та доби [24,25,26,27].

Визначається час спорожнення водосховища за такою формулою:

$$T = 2W / (3600 \cdot 0.6 \cdot B \cdot H \sqrt{H}), \text{ годин}$$

де B – ширина водосховища в створі зруйнованого гідровузла або ширина прорана, м [24,25,26,27].;

$H \sqrt{H}$ – питома витрата води на 1 м ширини прорану, м³/с;

H – глибина води перед греблею, м.

Визначається глибина водяного потоку (висота хвилі затоплення) $h_{\text{п}}$ в заданому створі з відстані R від гідровузла залежно від глибини водосховища перед дамбою, H [25,26,27].

Визначається висота гребеня хвилі H_B у зруйнованого гідровузла (греблі) за формулою:

$$H_B = 0,6 \cdot H, \text{ м}$$

У нижніх створах у зонах надзвичайно небезпечного та небезпечного затоплення на відстанях до 20 км від греблі висота гребеня хвилі попуску зменшується і може бути визначена з виразу [25,26,27].:

$$H_{Bi} = (2, 2 \div 1, 3) h_{\text{п}}, \text{ м}$$

де $h_{\text{п}}$ – глибина потоку (затоплення) на заданій відстані

Визначається тривалість затоплення $T_{\text{зат}}$ території на заданій відстані R

$$T_{\text{зат}} = (1 \div 6) T, \text{ год}$$

Визначається можлива глибина затоплення території об'єкта:

$$\Delta h = (h_{\text{рв}} + h_{\text{п}}) - h_{\text{вт}}, \text{ м}$$

де Δh – глибина затоплення території, що розглядається, м;

$h_{\text{рв}}$ – геодезична позначка рівня води у річці до затоплення, м;

$h_{\text{п}}$ – розрахункова глибина хвилі потоку, м;

$h_{\text{вт}}$ – геодезична позначка території об'єкта, що розглядається, м.

На топографічних картах за величиною $h_{\text{п}}$ та горизонтальними геодезичними лініями (позначками висот) наносяться зони катастрофічного затоплення і на підставі цього проводиться оцінка масштабів наслідків

Визначається час підходу хвилі попуску до заданого створу (об'єкту) за такою формулою [26,27]:

$$t_{\text{підх}} = R / V, \text{ год}$$

де V – швидкість руху хвилі прориву, км/год, яка приймається з виразу або задається [26,27].;

R – відстань від греблі до розглянутого створу (об'єкта), км [26,27].

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень, ми дійшли наступних висновків:

В нашій непростий період хочеться поглибити аналіз об'єктів гідротехнічних споруд, як для підвищення надійності та поведінки долин річкових систем так і захисту населення від можливих природні чи штучних катаклізмів.

Як показують дослідження геометричні розміри звичайних земляних дамб без якісного укріплення та врахування фільтрації (суфозії) ґрунту, підмиву та укріплення конусів із контролем ерозії призводять до систематичного руйнування даних штучних споруд.

Враховуючи урбанізацію 21 століття ми пропонуємо в подальшому розробляти методики планування, проектування, перевірки та контролю, як нових так і існуючих гідротехнічних споруд для якісного виконання та економії коштів та збереження як промислового майнового фонду так і попередження нечасних випадків серед населення через прориви та природні руйнування гідротехнічних споруд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення. Київ, 2010р., 38 с.
2. СНиП 2.06.05-84 Плотины из грунтовых материалов. Москва, 1989 г., 32 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва. К. : Мінрегіонбуд України. – 37 с.
4. Гідротехнічні споруди : Присвяч. 200-річчю Львівської політехніки : навч. посіб. / В. В. Чернюк, О. Г. Гвоздецький, А. В. Мусієнко. – Львів : Львівська політехніка, 2017. – 208 с. – ISBN 966-941-023-8.
5. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури Наказ «Про затвердження Методики обстеження і паспортизації гідротехнічних споруд систем гідравлічного вилучення та складування промислових відходів» (п. 1.9.18 Методики) N 252 від 19.12.95.
6. *Зима Т. І.* Гідротехнічні споруди: навч. посіб. : європ. кредит.-трансфер. система: для студ. напряму підготов. 6.060103 / Т. І. Зима, М. М. Хлапук; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. — Рівне: НУВГП, 2010. — 211 с.
7. Досвід проектування об'єктів водопостачання, водовідведення та промислової гідротехніки: Зб. наук. пр. / За заг. ред. О. І. Оглоблі. — К. : Сталь, 2011. — 234 с.
8. Інженерна геологія (з основами геотехніки): підручник для студентів вищих навчальних закладів /Колектив авторів: В. Г. Суярко, В. М. Величко, О. В. Гаврилюк, В. В. Сухов, О. В. Нижник, В. С. Білецький, А. В. Матвєєв, О. А. Улицький, О. В. Чуєнко.; за заг.

- ред. проф. В. Г. Суярка. — Харків: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2019. — 278 с.
9. Гідротехнічне будівництво; Лісопропускні споруди; Протиерозійні гідротехнічні споруди // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 65-66; 118-119; 164. — ISBN 978-966-7407-83-4.
 10. Гідротехнічні споруди // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. — С. 52.
 11. Хлапук М.М., Шинкарук Л.А., Дем'янюк А.В., Дмитрієва О.А. Г46 Гідротехнічні споруди: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 241 с.
 12. Михайлов А. В. Водные пути и порты / А. В. Михайлов, С. Н. Левачев. — М. : Высшая школа, 1982. — 224 с.
 13. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення: ДБНВ.2.4-3-2010. — К. : Мінрегіонбуд, 2010.
 14. Рокочинський А.М., Волкова Л.А., Живиця В.А., Чіпак В.П., Величко С.В., Коломис С.М., Мендусь С.П., Приходько Н.В., Ромащенко М.І., Савчук Д.П., Стойко С.С., Трофимчук Д.М., Шобей О.З. Інженерний захист територій: Навчальний посібник. — 2017. — 413 с.
 15. Ромащенко М.І., Савчук Д.П. Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання / За ред. М.І. Ромащенка. — Київ.: Аграрна наука, 2002. — 304 с., 79 іл.
 16. Схема комплексного захисту сільськогосподарських угідь та населених пунктів Херсонської області від підтоплення ґрунтовими водами і

- затоплення поверхневими водами / Інститут гідротехніки і меліорації НААН. – Київ: 2005. – 359с. (кн.1 – с. 1-241; кн.2 – с. 242-359). (рукопис)
17. Схема комплексного протипаводкового захисту басейнів р.Дністер, р.Прут, р.Сірет. Наукове обґрунтування / Інститут Гідротехніки і меліорації НААН. – Київ: 2008. – 728с. (рукопис)
 18. <https://galychyna.if.ua/2024/08/28/na-ivano-frankivshhini-vidnovlyat-tri-dambi>
 19. <https://typical.if.ua/yak-na-snyatinshchhini-ukriplyuyut-zruynovanu-negodoyu-dilyanku-dambi>
 20. <https://buklib.net/books/35805>
 21. <https://landlord.ua/agrolife-en/suchasni-metodi-borotbi-z-erozieyu-gruntiv-efektivni-rishennya-dlya-zaxistu-dovkilliya>
 22. . Аналітичний портал Слово і діло, від 28 грудня 2022 року, URL : https://www.slovoidilo.ua/2022/11/28/novyna/bezp_eka/97-rosijskix-czilej-cyvilni-reznikovoprylyudnyv-statystyku-raketnyxudariv-rf
 23. Техногенные аварии со взрывами и разрушениями плотин. Методические указания для самостоятельной работы по курсу “Безопасность жизнедеятельности” / Составили: Пушин Л.П., Капленко Г.Г., Фоменко Ф.И. – Днепропетровск: ПГАСА, 2008. – 64 с.
 24. Демиденко Г.П. Захист об'єктів народного господарства від зброї масового ураження. – К., 1996.
 25. Пушин Л. П. Прогнозирование инженерной, химической и радиационной обстановки при авариях на потенциально опасных объектах: Методические указания.
 26. Інженерний захист та освоєння територій: Довідник. – К., 2000.
 27. . Мурасов Р. К., Невольніченко, А. І., Чумаченко, С. М., Михайлова, А. В., Піріков, О. В. Моделювання загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури з використанням методу

системної динаміки, № 3 (2022): Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (3), 88-99. <https://doi.org/10.32851/tnvtech.2022.3.10> 10. Мурасов Р.К., Куртсеітов Т.Л., Мельник Я.В. Імовірнісний метод прогнозування надзвичайних подій на потенційно небезпечних об'єктах критичної інфраструктури, Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, № 2(44), 2022, С. 60-64.