

УДК 627.514.61:556.537

**Кизима В. П., к.т.н., доцент, Куковський А. Г., к.т.н., доцент, Жичковська І. О., студент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ВИКОНАННЯ РОБІТ ЗІ ЗМІЦНЕННЯ ПІДВОДНИХ УКОСІВ РІЧОК І ВОДОЙМ**

**Наведено технологію виконання робіт зі зміцнення підводних укосів річок і водойм.**

**Ключові слова:** річки, водойми, канали, покриття, укіс, суміш.

**Берегоукріплювальні споруди** захищають береги річок, водойм від руйнування течією, хвилями, фільтраційними водами, льодом, випадковими механічними і атмосферними впливами. Берегоукріплювальні споруди зводяться там, де руйнування берегів загрожує населеним пунктам, підприємствам, мостам, дорогам, лініям передач та інше. Кріплення берегів на річках та водоймах здійснюється також з метою регулювання русла. Широко використовуються вони і в інших видах гідротехнічного та водогосподарського будівництва.

**Проблема проектування, будівництва берегоукріплень** в усі часи привертала увагу вчених і інженерів [6]. Однак, незважаючи на численні серйозні дослідження наукових установ і багаторічний практичний досвід будівництва і експлуатації берегоукріплень на внутрішніх водних шляхах, як нашої країни, так і за кордоном, нерідкі випадки невдалих робіт, руйнування і аварій берегоукріплень, що свідчить про доцільність і необхідність подальшого удосконалення проектування, будівництва та експлуатації споруд і засобів захисту берегів від руйнування. Про це свідчать праці вітчизняних [1; 2- 4; 5; 7-17] і зарубіжних вчених та практиків [17-19].

**Проблема виконання** робіт по зміцненню підводних укосів річок і водойм є актуальною, але недостатньо вивченою, у складі загальної мети – укріплення берегів.

**При влаштуванні одягу** на укосі річкового берега розрізняють: нижню (підводну) частину укусу до рівня меженних вод, середню – від меженого до високого рівня повені, і верхню частину – вище половодного рівня. Нижня частина схилу знаходиться під водою і завжди схильна до дії течії, частий огляд її важкодоступний. Тому ця частина кріпиться найбільш надійно, причому конструкція кріплення повинна мати можливість вільно деформуватися без її руйнування і бути зручною для укладання під воду. Стаття присвячена розгляду питань, при-

свячених зміцненню підводних укосів річок і водойм.

При будівництві каналів і зведенні насипів річкових гідротехнічних споруд зміцнення укосів і берегів виконують, як правило, насухо. Укоси і береги надводної частини, які треба укріплювати, необхідно попередньо спланувати, а в підводній – протралити, очистити і в необхідних випадках спланувати. Планування земляних укосів і берегів у надводній частині проводиться відповідно до вимог ДБН В.1.1-24-2009 «Споруди і заходи для захисту від підтоплення» та ДБН В.1.1-25-2009 «Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення». Підводні укоси плануються шляхом зрізання або підсипання незв'язних ґрунтів. Відхилення відміток бровки укосу під жорстке кріплення від проекту допускається  $\pm 5$  см. Відхилення поверхні надводного укосу від проектної лінії після зрізки неуцільненого ґрунту і планування допускається  $\pm 10$  см. Точність планування визначається за допомогою шаблонів або візуально по кілочках, встановленими через 20 м по укосу, або інструментально. Обробку отрутохімікатами укосу, підготовлюваного під жорстке кріплення насухо, виконують після планування, передбаченого проектом. Обробку укосів гербіцидами суцільної дії необхідно проводити не раніше ніж за 10 днів до укладання кріплення, не допускаючи змиву гербіцидів дощовими опадами. При низьких температурах повітря укладку фільтра або підготовку під жорстке кріплення укосу підготовляють з незмерзлих незв'язних ґрунтів, при цьому необхідно дотримуватися таких умов: а) мерзлі грудки розміром 5 см і більше слід дробити або видаляти; в шарах допускається наявність рівномірно розподілених грудок розміром менше 5 см не більше 10% загального обсягу; б) кожен шар слід укладати відразу на всю його товщину; в) перед укладанням шарів сніг і лід з основи повинні бути видалені; г) під час снігопаду та хуртовин роботи по влаштуванню зворотного фільтра повинні бути припинені. Перед відновленням робіт видаляють з укосу сніг і мерзлі грудки ґрунту. Влаштування упорів, що оберігають одяг укосу від сповзання, слід виконувати до початку міднення бетону. Укладання дробленого каменю та щебеню на крутих схилах повинне проводитися укладальниками і планувальниками. Планування бульдозером дозволяється виконувати на укосах не крутіше, ніж зазначено в його паспорті. Застосування для зміцнення укосів і берегів мощення з каменю допускається при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні. Кам'яні кріплення берегів під водою влаштовуються у вигляді накиду каменю з природним укосом від 1: 1,25 до 1: 1,5.

Планування кам'яного накиду для додання укусу необхідного профілю виконують після її осадки

Влаштування монолітного бетонного та залізобетонного облицювання укосів із закладенням крутіше 1:1 проводиться через смугу (в дві черги) із застосуванням опалубки, установленюваної по бетонних маяках.

Для зміцнення укусу монолітними залізобетонними плитами має контролюватися виконання наступних вимог: а) відхилення від встановленої проектом товщини плит допускаються в межах від +8 до -5 мм; б) в плитах не повинно бути тріщин; в) між матеріалом заповнення швів і вертикальними гранями плит не повинно бути щілин.

Збірні залізобетонні плити укладають на зміцнюваний укис від підшви до гребеня споруди. Величина виступів між суміжними плитами не повинна перевищувати 10 мм. При укладанні збірних залізобетонних плит в зимовий період сплановану поверхню зворотного фільтра належить заздалегідь очистити від снігу та криги. Плити кріплення повинні рівномірно прилягати до поверхні фільтра.

Монолітне асфальтобетонне покриття виконується захватками за допомогою асфальтоукладачів на суху не проморожену основу при температурі повітря не нижче +5° С. При товщині покриття до 10 см асфальтобетонну суміш допускається укласти в один шар, при цьому, якщо проектом передбачено армування покриття, арматурний каркас укладають на укис до укладання суміші і в процесі укладання переміщують в середину укладеного шару асфальтобетонної суміші до її ущільнення. При товщині покриття понад 10 см асфальтобетонну суміш укладають пошарово з укаткою окремих шарів до проектної щільності. Якщо проектом передбачено армування покриття, то каркаси укладають між шарами покриття.

Відхилення від встановленої проектом товщини асфальтобетонного покриття не повинні перевищувати 10%. Укладання асфальтобетонної суміші в захватку повинна виконуватися при температурі суміші від 140 до 120° С. Укладання суміші, що має температуру нижче 100° С, забороняється.

Асфальтобетонну суміш слід ущільнювати за допомогою гладкого котка або вібрототка. Ущільнення слід виконувати до тих пір, поки коток не перестане залишати слідів на поверхні покриття, а щільність асфальтобетону не досягне проектної.

Кріплення підводних укосів із закладенням ухилу 1: 2,5 і більше, які виконуються із залізобетонних і асфальтобетонних плит, слід виконувати за допомогою плавучих кранів поперек укусу знизу вгору в напрямку проти течії річки. Кріплення берегових укосів без влашту-

вання рослинного покриву виконують, як правило, в підводній частині (рис. 1).

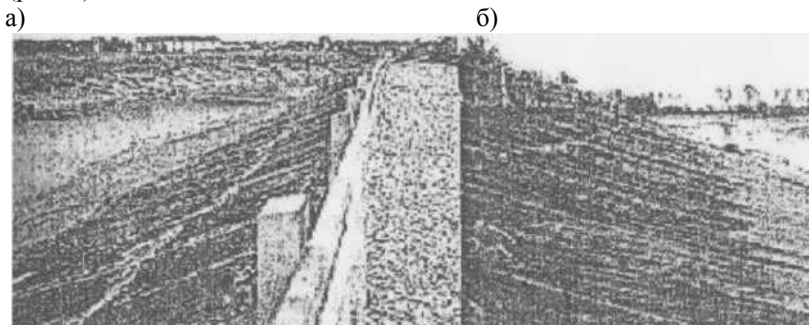


Рис. 1. Берегоукріплювальні заходи: а) габійні конструкції; б) сітчасті конструкції

Армована система створює ефективний захист укосу від ерозії, утворюючи заповнювач всередині осередків. Така система може використовуватися на будь-яких гранично допустимих берегових ухилах. Енергія гідропотоку розсіюється рівномірно завдяки поєднанню гранульованого матеріалу і заповненню чарунок (рис. 2, а).

Армування укосів за допомогою бетонних блоків (рис. 2, б). Чарунки георешітки, які заповнені бетоном, формують надійний, довготривалий захист для укосів і які схильні до значних гідравлічних або механічних впливів. Армована система може замінити складні конструктивні рішення, отримуючи при цьому економію як матеріальних ресурсів, так і часу.

Георешітка сприяє запобіганню хаотичного руйнування бетонного покриття, будучи його об'єднуючою основою. Перфорована георешітка в поєднанні з бетонним заповнювачем працює надійніше, ніж аналогічна композиція з неперфорованої георешітки.

Застосування георешітки дозволяє забезпечити тривалий захист водовідвідних каналів, охороняє схили каналів, береги річок та озер, забезпечує міцність і стійкість, охороняючи даний об'єкт від ерозії.

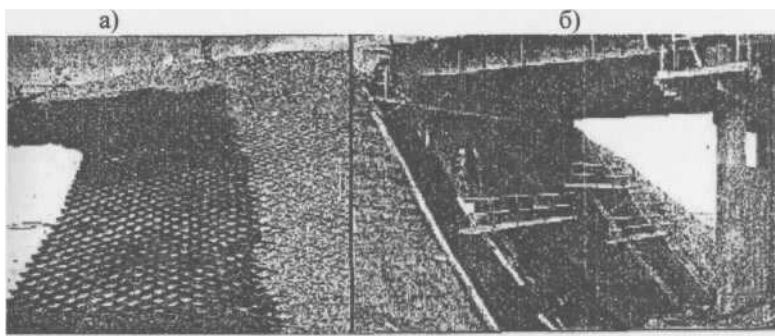


Рис. 2. Різні варіанти армуючих систем підводного і надводної частин укосів:  
а) георешітка заповнюється фракціями щебеню; б) георешітка, чарунки якої заповнені бетоном

У разі будівництва водотоків застосування георешітки дає можливість економити на кількості наповнювача основи водотоку і утворює практично ідеальну поверхню для укладання водотривкого прошарку. Завдяки пластичності і гнучкості георешітки можливе створення укріплення, що точно повторює конфігурацію існуючих русел або водовідвідних каналів (рис. 3). Георешітка перешкоджає вимиванню ґрунту і зберігає таким чином рослинність. Після завершення розвитку рослинного покриву георешітка стає практично невидима. Застосування георешітки дає можливість озеленити береги водойм, при цьому захистивши їх від розмивання.

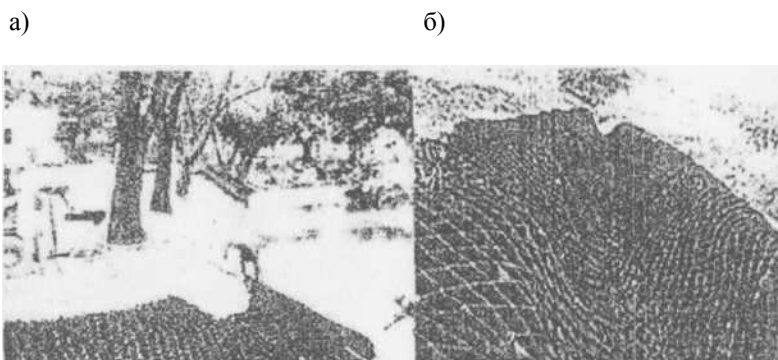


Рис. 3. Різні варіанти використання георешіток: а) захист берега від розмиву; б) зміцнення русла малих водотоків

При зміцненні укосів збірними ґратчастими конструкціями їх монтаж необхідно виконувати знизу вгору після влаштування упорної бетонної берми. Після закінчення монтажу необхідно заповнити чарунки рослинним ґрунтом (з подальшим посівом трав), кам'яними матеріалами або ґрунтом, обробленим в'язучим.

Конструктивна схема зміцнення русла представлена на рис. 4. Зміцнення укосів з використанням геотекстилю слід виконувати в послідовності: укладання полотен геотекстилю розкочуванням рулонів зверху, вниз по укосі з перекриттям полотен на 10-20 см і закріпленням і межах узбіч; відсіпання рослинного ґрунту з посівом трав; влаштування дренажного шару і монтаж збірного кріплення на підтоплюваних ділянках укосів. При застосуванні геотекстилю з обробкою його шершавим матеріалом. Роботи слід виконувати в такому порядку: планування поверхні зміцнювального укосі; укладка полотна геотекстилю з закріпленням його країв штирями або присипкою валиком з піску; поливка полотна в'язким матеріалом, наприклад, бітумною емульсією; посипка піском.



Рис. 4. Конструктивне рішення зміцнення русла георешіткою

Стик геотекстилю з прилеглими збірними або монолітними бетонними елементами кріплення необхідно здійснювати шляхом закладання полотна під елемент або приклеювання геотекстилю гарячим бітумом до поверхні елемента.

У разі необхідності зміцнення крутих схилів, підданих інтенсивному впливу хвиль, або зміцнення каналів, берега яких складені з нестійких поверхонь ґрунтів що розмиваються, ґрунтів, доцільне застосування іншого варіанту зміцнення, коли модулі георешітки укладаються пошарово один на одного (підпірні стінки). Такий вид зміцнення дозволяє досягти значно великої стійкості русел глибоких водотоків. Застосування георешітки і геосинтетичних матеріалів в геотехніч-

ному будівництві вирішує багато завдань з гідроізоляції та дренажу, армуванню і стабілізації укосів набережних, русел водотоків, захищає їх від ерозії і розмиву.

Система Geoweb® (ГЕОВЕБ) [3], призначена для зміцнення русел водотоків, дозволяє здійснити широкий вибір універсальних рішень для відкритих каналів і всіляких структур, схильних до впливу гідропотоків. Система зарекомендувала себе як при захисті каналів, схильних до важких ерозійних процесів, так і каналів з постійним гідропотоком.

ГЕОВЕБ – тривимірна конструкція, яка дозволяє скоротити витрати на опорядження споруд; при цьому міцнісні і експлуатаційні характеристики об'єкта покращуються. Висота чарунки від 50 до 200 мм. Незаперечними перевагами георешітки ГЕОВЕБ є те що вона несхильна до агресивних хімічних впливів, стійка до УФ-випромінювання і температурних перепадів. Виготовляється із поліетиленових стрічок товщиною 1,27 мм методом їх скріплення лінійними швами, розташованими в шаховому порядку.

Вона значно покращує стійкість зазвичай використовуваних матеріалів (цементобетонні суміші, шари з каменю різної міцності, а також, вегетативні шари) гідропотоку за допомогою консолідованого закріплення в системі Geoweb® (ГЕОВЕБ). Однією їх основних завдань проекту є перерахунок параметрів нерівності поверхонь русел і гідроефективності інсталюваних систем. Дренажні процеси базових шарів і деформаційний потенціал конструкції також формують невід'ємну задачу проекту. Що стосується дренажних процесів, що розділяє шар нетканого геотекстиля в сукупності з відповідними водостоків становить ефективну дренажну структуру.

Вегетативний зміцнюючий шар в системі ГЕОВЕБ є ідеальним рішенням в місцях, де виникають нестійкі гідропотоки малої швидкості течії: болотисті низини, канали, рови, верхні схили великих каналів (рис. 5). Вегетативний захист – правильне рішення при особливих естетичних параметрах проекту. Секції ГЕОВЕБ, містять заповнювачі верхніх шарів ґрунтів утворюють серії контролюючих дамб, що тягнуться впродовж системи захисту каналу. Ймовірність утворення канав і борозен, що має місце при врізанні концентрованого потоку в ґрунт, зводиться до нуля з моменту направлення потоку по поверхні системи ГЕОВЕБ. Задана глибина верхніх шарів ґрунтів і вегетативно-коренева маса надійно закріплені і захищені всередині осередків секцій. Коренева маса, укладена в осередках і без особливих перешкод яка проникає крізь нетканий геотекстиль в верхні шари ґрунтів, посилює зміцнюючі властивості системи в цілому. Зміцнення дії кореневої

системи рослинного покриття збільшує опір деформаційних зрушень і допустимої тривалості (силі) потоку.

При зміцненні укосів, які підтоплюються, конусів, дамб збірними плитами попередньо необхідно укласти матеріал зворотного фільтру або вирівнюючого шару. Плити необхідно укладати знизу вгору. В зимовий період підготовлену поверхню укосу необхідно звільнити від снігу та льоду.

При зміцненні укосів гнучкими безфільтровими залізобетонними покриттями з блоків їх слід укладати на укосі знизу вгору впритул один до одного. У разі, коли проектом передбачено закріплення блоків за допомогою анкерних паль, укладати блоки слід зверху вниз. Простір між сусідніми блоками не повинен перевищувати 15 мм.

При зміцненні укосів цементобетоном методом пневмонабризку (рис. 6) попередньо необхідно укласти металеву сітку і закріпити її анкерами. Набризг слід виконувати знизу вгору з подальшим доглядом за цементобетоном.

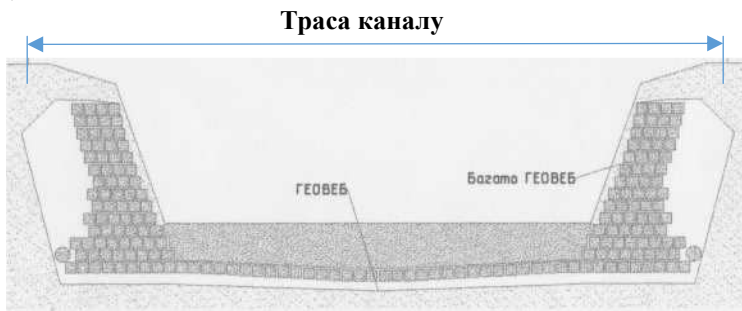


Рис. 5. Конструктивне рішення укріплення підводної і надводної частини русла

Використання бетонної суміші як заповнювача значно посилює, зміцнює захист каналів, схильних до значного гідромеханічного впливу. Густота суміші, оздоблювальних матеріалів можуть бути індивідуально підібрані відповідно до вимог проекту. Міцне стримуюче гнучке облицювання здатне звести до мінімуму схильність деформаційних процесів. Також відпадає необхідність в особливих гранульованих матеріалах, використовуваних в сукупності з часто вживаними бетонними плитами. Система запобігає безконтрольному розтріскуванню бетону і значно скорочує шанси утворення воронки і вимоїн. Покладені на схилах каналу секції сприяють структурній інтегрованості для опору гідропотокам великої сили залежно від вибору заповнювача. Використання вегетативного заповнювача уздовж схилів русел вимагає від



проекту природного рельєфного опору потокам великої сили низької тривалості. Колірні опції секцій можуть бути включені як один з параметрів системи для граничної відповідності довкіллю. Така конфігурація допускає нерівномірне осідання без втрати системної інтеграції.

Одним з найбільш простих і дешевих способів кріплення укосів, є кам'яна накидка і рослинні насадження. Кам'яна накидка на верхньому укосі греблі виконується з сортованого і несортваного каменю з певними розмірами залежно від закладення укосів і висоти

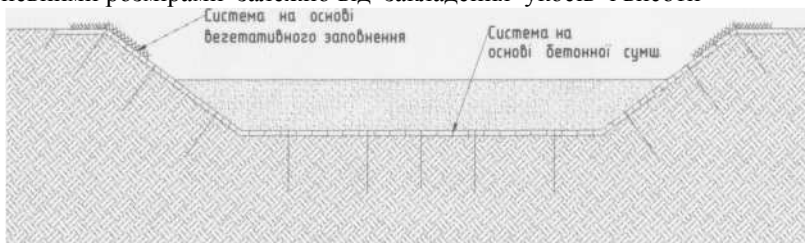


Рис. 6. Конструктивне рішення цементобетонного захисту

хвилі. Нижня межа кріплення укосу каменем повинна знаходитися на 0,5 м нижче позначки мертвого об'єму ставу ( $\downarrow$  РМО). Для скорочення загального обсягу кам'яного накиду і відповідно витрат на її зведення передбачається зміна товщини шару накиди по висоті греблі. Влаштування кріплення постійної товщини по всьому укосу допускається в тому випадку, якщо його виконання не спричинить значного подорожчання конструкції. Для влаштування покриття з кам'яного накиду необхідно мати достатню кількість бутового каменю, який, як правило, готується на спеціальних заводах з його переробкою. Із заводу до місця укладання камінь доставляється за допомогою автосамоскидів вантажопідйомністю 4,5 ... 10 т. Укладання каменю на підготовлену основу укосу з піску товщиною 20 ... 30 см виконується бульдозером при укосі  $m > 3$  і екскаватором драглайн при укосі  $m < 3$ , з різних відміток стояння на ярусах.

Дуже якісне зміцнення укосів полягає в набиванні по укосу колів рядами за течією річки і палітурці їх верболозом до висоти 0,34 м. Після чого верхи колів, які натягнуті вербовими канатами прикріплюються до кілків, забитими всередині укосу, представляючи собою анкера; потім за стінку і попереду її насипається земля для формування укосу; після чого, відступивши, забивається другий ряд колів і т. д. Якщо кілки зроблені з верби, то навесні вони починають рости і при поливанні в перший же рік покривають укоси зеленню, а отже, і корінням. Звичайно, подібне укріплення берегів доцільне в тих випадках, коли спорудженню немає потреби надавати дуже великого опору;

якщо ж виникає потреба тоді весь укіс роблять з фашин, розташовуваних перпендикулярно течією горизонтальними рядами рівної товщини, зміцнюючи їх кілками та тинами. Фашини звичайно кладуть комлями до течії, крім першого ряду. Коли ряд вже переплетений, завантажують його землею або каменем і зводять другий ряд. Таке фашинне влаштування берега служить від 6-8 років. Коли ж горизонт весняних вод піднімається дуже високо і потрібно укосам дати більш міцний одяг для опору як хвилям, так і натиску льоду, то відкоси зміцнюють каменем. Для цього вживають бруковий, бутовий, грубо обколотий, а іноді і обтесаний камінь (в приморських місцевостях), граніт та ін. Для цього планують укіс, уникаючи підсіпки свіжої землі, а скоріше роблячи уступи. Обколені задалегідь камені укладають насуху, як можна щільніше між собою, з розклинювання каменем, підсипаючи під камені хрящ з таким розрахунком, щоб між каменем і укосом утворився шар хряща в 0,23 м завтовшки. Такого роду одяг берега робиться подвійний. В два ряди, в три, чотири і більше, наприклад, в приморських схилах, де потрібна особливий опір удару хвиль. Камінь для одягу треба вживати самий великий, від 0,28 до 0,4 м товщиною для зміцненні тих частин берегового укосу, які піддаються ударам крижин або де на поворотах сильна течія. В інших же місцях можна вживати камінь завбільшки від 0,17 до 0,23 м. Але завжди знизу крупніший, а догори – невеликий. Недосконалість укосів полягає в тому, що з плином часу в проміжках між каменями заводить рослинність, і ця причина руйнування настільки діяльна, що часто знищує уявну вигоду укісного виготовлення в порівнянні з вертикальною, що складається з підтримуючих стінок. Надаючи, однак, товщину нижнього шару під облицювальними каменями до 0,28 м і роблячи його з чистого хряща, можна на довгий час бути забезпеченим від проростання рослинності. Подошву такого одягу треба уперти в фундамент; він може складатися в слабких ґрунтах з подвійного шпунтового ряду пал, на верх яких укладають брус, на який повинен спиратися одяг. Брус цей схильний до тиску, яке дорівнює вазі одягу, помноженому на відношення її висоти до довжини; тертям одягу про ґрунт звичайно нехтують. Якщо ж ґрунт міцний, скелястий настільки, що палі забивати неможливо, то на краю подошви укосу виривають канаву глибиною від 0,34 до 0,85 м і шириною 0,57 до 0,68 м, в якій кладуть насуху стінку з каменю з розщепенюванням, формуючись верхні камені з заплечиками, на які впруться камені першого ряду укосу. Для більшої міцності іноді верхні ряди фундаментної стіни з'єднуються залізними скобами. Зміцнення укосу може складатися ще з шпунтового ряду або з версто-

вих паль, виготовлених із дощок. Такі палі повинні бути укріплені до берега якорями або анкерами, які прикріплюються до іншого ряду паль, що забиваються позаду першого, або ж до закладених в ґрунт брусів. Там, де ліс дуже дешевий, а підосва укусу складається з скелястого і взагалі твердого ґрунту, там вигідно зміцнити укiс ряжами або зрубам, які потiм заповнюються глиною, піском або каменем. Металеві накиди вживаються при влаштуванні набережних судноплавних річок або іншого роду берегових споруд. Такі накиди формуються між палями або по закладених в ґрунт камінню, брусах тощо. Кращій і найдешевший захист укусів від дії течії складають водяні рослини, які густо ростуть маючи лише той недолік, що представляють досить значний опір течією води, а тому нижче горизонту низької води замінюються іншого роду укріпленнями. Особливо берегові зарослі складають хороший захист берегу від дії паводків. Для зміцнення підосви укусу, завжди покритої водою, вживаються: фашинні матраци, кам'яні відсипання з накидного каменю, шпунтові пальові стінки, дерев'яні ростверки та підлоги. Фашинами матраци дуже добре захищають підосву від розмиву; тюфяк повинен бути трохи довший укусу, щоб він частинкою лежав на дні. Коли тюфяк встановлений, то його завантажують хрящем, каменем або глиною, поки він не опуститься на дно. Таке зміцнення берега служить до 10 років. Підмив підосви берега можна попередити або припинити, роблячи з накидного каменю стінки або забиваючи два або три ряди паль по довжині укусу у підосви і проміжок заповнюючи каменем або хрящем. У разі найбільшої глибини низьких вод роблять тини і завантажують каменем, отримуючи таким чином недорогий і міцний захист укусу накиди з важких фашин бувають різного типу, частіше укладають фашини одну на іншу і доводять кладку тільки до низького горизонту, на якому роблять берму шириною від 0,45 до 0,85 м і вимощують каменем як берму, так і укiс вище її. В вимитих частинах берега звичайно берегове укріплення роблять або з кам'яного відсипання, або з важких фашин, заповнюючи проміжок між берегом хрящем, укiс якого вимощують крупною бруківкою. При значних спорудах влаштовують іноді ростверки для захисту підосви Б. укусу від підмиву. Для цього забивають палі і на них засновують ростверк, який між зв'язками і балками заповнюється фашинами, хрящем або каменем, дивлячись по тому, який матеріал мається на місці робіт. Після заповнення пустот поверх ростверку настиляють з 4-х або 5-х дюйм брусів дерев'яну підлогу, яка відмінно витримує удари хвиль. Бруси кладуться паралельно течії, щоб вода не зустрічала при своєму русі ніякої перешкоди. Ростверки повинні мати ухил до річки, і чим він пологіший, тим краще захищена

підшва берега і тим міцніша споруда. При зміцненні підшви берега слід головним чином керуватися властивістю ґрунту, з якого складається дно річки. При ґрунтах твердих укріплених фашинами є доцільно, точно так само як при піщаному дні найбільш ефективним є укріплення набросом каміння або хрящем.

**В ході виконання** цього дослідження були розглянуті різні способи укріплення підводних і надводних укосів річок і водойм, як традиційні, так і сучасні (система ГЕОВЕБ). Причому найважливішою вимогою при призначенні конструкцій берегозахисних споруд є необхідність створення максимально ефективного захисту при мінімальних витратах.

1. Алперин И. Е. Укрепление берегов судоходных каналов, рек и водохранилищ / И. Е. Алперин, Л. С. Быков, В. Б. Гуревич. – М. : Транспорт, 1973. – 216 с.
2. Андреев О. В. Защита мостовых переходов от размыва / О. В. Андреев, И. А. Ярославцев. – М. : Автоотрансиздат, 1959.
3. Баженов Ю. П. Опыт создания берегозащитных сооружений на Новосибирском водохранилище / Ю. П. Баженов // Водное хозяйство России. – № 4. – Том 2. – 2000. – С. 369–386.
4. Бик Ю. И. Проблемы сохранения гидротехнических сооружений в речных портах Сибири / Ю. И. Бик // Строительные конструкции и расчет гидротехнических сооружений в условиях проведения экономических реформ: сб. науч. тр. Новосибирск, 2002. – С. 3–5.
5. Водарский Е. А. Берегоукрепительные и выправительные сооружения на реках и укрепление берегов судоходных каналов / Е. А. Водарский. – М. : Водный транспорт, 1939.
6. Гидротехнические сооружения: Справочник проектировщика / Г. В. Железняков, Ю. А. Ибад-Заде, П. А. Иванов и др.; под общ. ред. В. П. Недриги. – М. : Стройиздат, 1983. – 543 с.; ил.
7. Дегтярев В. В. Охрана окружающей среды / В. В. Дегтярев. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.
8. Жданов Ю. К. Асфальтобетонные крепления откосов гидротехнических сооружений / Ю. К. Жданов. – М. : Стройиздат, 1984. – 188 с.
8. Лапшенков В. С. Гидротехнические сооружения и русловая гидротехника / В. С. Лапшенков. – Новочеркасск : НИМИ, 1983. – 213 с.
9. Мясников М. Укрепление берегов шпорами / М. Мясников, Л. Миськов // Речной транспорт. 1968. – № 11. – С. 8–11.
10. Поляков Ю. П. Технология и организация природоохранных работ. Часть 1: Производство работ по защите и улучшению земельных угодий и территорий. – Новочеркасск, 2002. – 243 с.
11. Электронный ресурс. – Режим доступа: [http://vgsplast.xu/catalog/georeshetka\\_geoveb.html](http://vgsplast.xu/catalog/georeshetka_geoveb.html)
12. Хмелев В. А. Сооружения активного типа для защиты берегов рек от разрушения. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. / В. А. Хмелев. – Новосибирск, 2005. – 115 с.
13. Фролов А. М. Укрепление речных берегов и земляных откосов / А. М. Фролов, К. А. Подвязкин. – М. : Трансжелдориздат, 1957. – 119 с.
14. Шабанов А. Д. Крепление напорных земляных откосов / А. Д. Шабанов. – М. : Стройиздат, 1967. – 142 с.
15. Шайтан В. С. Крепление земляных откосов гидротехнических сооружений / В. С. Шайтан. – М. : Стройиздат, 1962. – 351 с.
16. Яковенко В. Г. Строительство берегоукрепительных сооружений / В. Г. Яковенко. – М. : Тра-

нспорт, 1986. – 245 с. **17.** Shore protection manual. 3-rd edition. Wicksburg (MS): Coastal Engineering Research Center / USAE Waterways experiment station, 1977. – Chapter 6. – 106 p. **18.** Technical code of regulation works for navigation channel. The People's Republic of China: The water transportation engineering commission, 1993. – 127 p. **19.** Rakhorst D. Seaward coastal defense scheme Eierland / D. Rakhorst, D. de Wilde, C. Schot. // Terra et Aqua. 1997. – № 67. – P. 3–1.

Рецензент: д.т.н., професор Кір'янов В. М. (НУБГП)

---

**Kyzyma V. P., Candidate of Engineering, Associate Professor, Kukovskyi A. H., Candidate of Engineering, Associate Professor, Zhychkowska I. O., Senior Student** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

## **WORKS FOR STRENGTHENING THE UNDERWATER SLOPE OF RIVERS AND RESERVOIRS**

**The article presents modern technology works to strengthen the submarine slopes of rivers and reservoirs.**

**Keywords:** underwater slopes, channel, gabion, mesh design, geograting, fascines.

---

**Кизима В. П., к.т.н., доцент, Куковский А. Г., к.т.н., доцент, Жичковская И. А., студентка** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

## **ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ПОДВОДНЫХ ОТКОСОВ РЕК И ВОДОЕМОВ**

**В статье приведены современные технологии выполнения работ по укреплению подводных откосов рек и водоемов.**

**Ключевые слова:** подводные откосы, канал, габионы, сетчатые конструкции, георешетка, фашины.

---