

**Плитус Р. М., інженер-проектувальник** (ТОВ «НТЦ “Дорінжнаука”», м. Київ, rostmuh@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7319-4094),  
**Гаріян О. В., директор** (ТОВ «НТЦ “Дорінжнаука”» м. Київ, garian.olexandr@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5418-769X),  
**Хлапук М. М., д.т.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, khlapuk@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5469-4181), **Шумінський В. Д., к.т.н., п.н.с.** (ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, shumikvd@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8751-1983)

### **ВИКОРИСТАННЯ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ ТА МІСЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ БОРОТЬБИ З РОЗМИВАМИ**

У статті розглянуто застосування геосинтетичних і місцевих матеріалів для боротьби з розмивами, що використовуються в різних сферах будівництва. Проаналізовано та наведено переваги та недоліки різних конструкцій кріплень, вимоги до них, а також механізми їх руйнування. Наведено приклади успішного застосування матраців системи ТРИТОН® при захисті від розмивів конусів і стоянів мостів, берегів гірських річок, влаштуванню кріплень підводних укосів річкового і морського дна. Особливу увагу приділено полімерним гнучким матрацам системи ТРИТОН® («TRITON»), особливостям їх роботи та використання при захисті берегів водних об'єктів від розмивів. Обґрунтовано ефективність і надійність їх роботи. Головна мета застосування матраців системи ТРИТОН® – підвищення міцності, ефективності та надійності їх роботи та експлуатаційних показників. Поставлена мета досягається поєднанням поліпропіленової георешітки «Tensar» з кам'яним матеріалом, що забезпечує гнучкість матраців ТРИТОН® і їх надійний контакт з ґрунтом основи. При виникненні розмивів дна матраци, завдяки своїй гнучкості, наслідують обриси укосу ями розмиву, захищають укіс, що утворився від подальшого розмиву, і запобігають його просування в бік споруди або берега, що захищаються. Гнучкі матраци системи ТРИТОН® можуть бути використані при прийнятті технічних рішень щодо підвищення ефективності захисту берегів водних об'єктів від розмивів і вибору їх конструктивних рішень.

**Ключові слова:** геосинтетичні та місцеві матеріали; матраци системи ТРИТОН®; розмиви; кам'яний накид.

**Вступ.** Інженери-гідротехніки в процесі роботи стикаються з численними проблемами, пов'язаними з розмивами при зміцненні і захисті берегових ліній морів і річок, при захисті мостових стоянів від розмивів, з проблемами розмивів нижніх б'єфів ГЕС і ГАЕС, з розмивами дна річок при паводках, особливо на передгірних і гірських ділянках річок, при влаштуванні підводних молів, дамб, хвилеломів і траверс.

**Мета роботи** – привернути увагу спеціалістів до ефективності роботи та застосування матраців системи ТРИТОН® в різних конструкціях, особливо при захисті від розмивів конусів і стоянів мостів, берегів гірських і передгірських ділянок річок, улаштування кріплень підводних укосів річкового і морського ден, які позитивно зарекомендували себе в період експлуатації.

**Методика досліджень.** Аналіз роботи матраців системи ТРИТОН® в різних конструкціях та умовах при захисті від розмивів ґрунтових споруд та берегів водних об'єктів.

**Загальна частина.** Сучасні геосинтетичні та місцеві матеріали широко застосовуються в дорожньому будівництві, дренажних конструкціях, для армування та захисту від розмивів укосів водопідірних споруд з ґрунтових матеріалів, стоянів мостових переходів, протиерозійного захисту.

Одним із способів захисту від розмиву є механічна стабілізація укосів із застосуванням кам'яного накиду, габіонів, геобегів, блоків з гнучкими з'єднаннями, матрацами (ємності з дроту, поліетилену або поліпропілену, заповнені кам'яним матеріалом).

У даній статті розглядаються недоліки і переваги різних матеріалів, що застосовуються при захисті від розмивів, а також нові інноваційні технології, яким дав позитивну характеристику Корпус військових інженерів США.

### **Кам'яний накид**

Кам'яний накид найбільш часто використовується для захисту від розмивів і ерозії, який складається з природного каменю різного діаметру. Вибір розміру каменю залежить від швидкості потоку. Чим більше вага каменів кам'яної накиду, тим більшим швидкостям і турбулентності потоку може протистояти таке кріплення. Неоднорідність кам'яного накиду забезпечує розклинювання і більш міцне утримування сусідніх каменів в конструкції кріплення, що також підвищує надійність його роботи. Кріплення берегів і укосів з кам'яного накиду для захисту від розмивів традиційно виконується суцільним по всьому укосу.

### ***Вимоги до кам'яного накиду:***

- \* кам'яний накид повинен витримувати гідродинамічний (включаючи дію хвиль) і гідростатичний впливи потоку води;
- \* кам'яний накид повинен забезпечити надійність роботи протягом усього терміну служби при можливих деформаціях основи, викликаних розмивами дна і суфозії в зоні контакту з ґрунтом основи;
- \* необхідно враховувати екологічні наслідки та естетичний вигляд кріплення з кам'яного накиду;
- \* вибір кам'яного накиду повинен бути економічно обґрунтований з урахуванням наявних кар'єрів, обладнання для виконання робіт та робочої сили.

### ***Переваги кам'яного накиду:***

- \* простота конструкції;
- \* гнучкість кріплення;
- \* великий досвід роботи кріплення з різних умов експлуатації та проектування;
- \* простота усунення локальних розмивів і ремонту.

### ***Недоліки кам'яного накиду:***

- \* обмежена доступність і відносно висока вартість в деяких регіонах;
- \* екологічні обмеження на використання;
- \* труднощі транспортування і укладання в деяких важкодоступних місцях.

### ***Механізми руйнування кам'яного накиду***

Механізм руйнування кам'яного накиду залежить від його місця розташування. Надійність кам'яного накиду, розміщеного в матраці (тюфяку) на річковому або морському дні, залежить від механізму руйнування самого матраца, викликаного його механічними ушкодженнями і стиранням твердими зваженими частинками наносів в річковій і морській воді, тоді як кам'яний накид, розміщений на укосах насипу або берега, схильний не тільки до зсуву потоком під дією гідродинамічних сил, але й до осідань під дією підмиву кінцевої ділянки кріплення. Руйнування при зсуві відбувається, коли окремі каміння кам'яного накиду мають недостатній розмір, щоб протистояти дії гідродинамічних сил потоку. Вибір розміру кам'яного накиду повинен ґрунтуватися на стійкості проти зсуву окремих каменів і можливості руйнування кінцевої частини кріплення накиду при виникненні як загальних розмивів, так і місцевих підмивів основи кріплення. Використання несортованого каменю дозволяє виконати кріплення більш щільним, що підвищує його стійкість проти руйнування.

### Механізми руйнування кам'яного накиду:

\* механічна суфозія ґрунту основи під дією фільтраційних сил потоку призводить до вимивання ґрунту з-під кріплення і осідання в яму розмиву окремих каменів кам'яного накиду;

\* недостатній розмір окремих каменів кріплення, що може привести до їх видалення в результаті ударів і стирання зваженими наносами;

\* однорідність кам'яного накиду підвищує ймовірність викину окремих каменів кріплення через не щільність укладання каменів накиду;

\* занадто круті укоси, що може призвести до втрати стійкості кріплення в результаті підмиву його кінцевої частини.

### Гнучке кріплення з блоків [1]

Гнучке кріплення берега або укосів складається з бетонних блоків або плит, з'єднаних металевими або неметалевими з'єднувальними елементами зі сталевих штирів, тросів або синтетичних матеріалів, таких як поліпропілен (рис. 1).

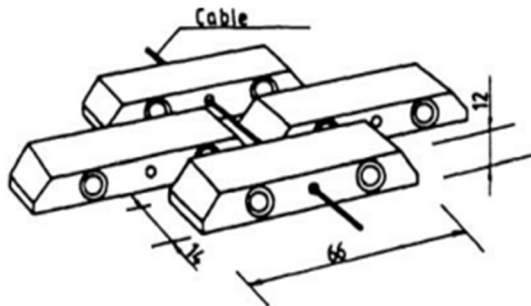


Рис. 1. Гнучке кріплення з блоків

Лабораторні дослідження продемонстрували, що такі гнучкі кріплення можуть бути ефективні при кріпленні від розмивів конусів і опор мостів (рис. 2).

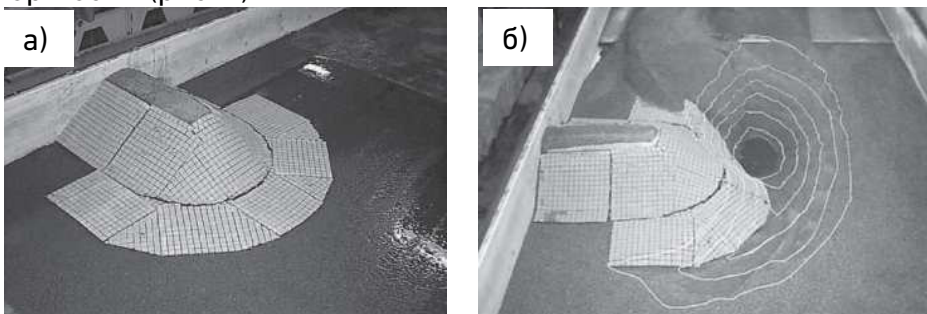


Рис. 2. Лабораторні дослідження щодо захисту від розмивів мосту (Ное, D. (2001):

а) до дослідження; б) після проведення дослідження

У 2001 році в Оклендському університеті (Нова Зеландія) були проведені лабораторні дослідження з використання гнучкого кріплення для захисту опор мосту. Модель опор мосту була виконана з однорідного піску діаметром 0,85 мм. Керамічні плитки розміром 25 мм на 25 мм, товщиною близько 5 мм були використані для моделювання блоків. Плитки були з'єднані одна з одною шляхом приклеювання їх на гнучку сітку з тканини. Випробування проводилися без подачі наносів. На рисунку 2 показані фотографії до і після модельних досліджень, які проводилися при  $V / V_c = 0,66$  (де  $V_c$  – критична швидкість руху донних відкладень, м/с;  $V$  – швидкість потоку, м/с) при глибині потоку 150 мм. Незважаючи на значний розвиток розмиву, уклон протоки біля мосту залишався стабільним в кінці експерименту, тривалістю 24 години [2].

В результаті досліджень були виявлені можливі причини руйнування мосту: перевертання і закручування крайніх блоків, якщо блоки не закріплені або їх з'єднання недостатньо міцне; підняття наступних блоків, яке можливо, якщо крайні блоки не закріплені належним чином. Позитивний ефект кріплення полягає в тому, що при розмивах дна основи у споруди блоки, завдяки гнучкості кріплення, опускаються в яму розмиву, захищають утворений укiс ями розмиву від подальшого руйнування і не дозволяють розмиву підходити до мосту (рис. 2).

Довжина випуску протирозмивного матрацу в бік водного об'єкту визначається із умови покриття укусу ями розмиву, що виникне під час експлуатації об'єкта берегоукріплення, за формулою [3; 4]

$$L_T \geq h_b \sqrt{1 + m_r^2}, \quad (1)$$

де  $h_b$  – глибина ями розмиву, м;

$m_r$  – коефіцієнт закладання укусу ями розмиву.

Глибина ями розмиву  $h_b$  визначається залежно від виду водного об'єкта, швидкостей водного потоку, параметрів хвиль тощо.

### **Матраци Рено (Reno Mattress)**

Reno Mattress – це матраци з комірками, виконаними з гексагональної сталевий дротяної сітки подвійного скручування, яка поставляється в упаковці. Комірки в матрацах Рено утворюються внутрішніми діафрагмами і тому не дуже гнучкі. Матраци збираються, а потім заповнюються камінням на будівельному майданчику. Гнучкі і водонепроникні конструкції матраців Рено застосовуються для захисту берегів річок і облицювання каналів для боротьби з розмивами і ерозією ґрунту.

### **Недоліки матраців Reno:**

- \* розриви стиків, які з'єднують матраци, під дією гідродинамічних впливів водного потоку;
- \* розриви країв матраців через недостатню їх гнучкість;
- \* матраци Рено заповнюються на місці будівництва, що значно збільшує час їх установки;
- \* матраци Рено недостатньо міцні, щоб витримувати власну вагу при підводному або надводному монтажі кріплення, а це означає, що в певних умовах установка матраців або неможлива, або надзвичайно дорога.

### **Полімерні гнучкі матраци системи ТРИТОН® (TRITON®)**

Під час будівництва транспортних та гідротехнічних споруд у підприємства іноді виникають такі ситуації, коли використання традиційних технологій і матеріалів виявляється недостатньо ефективним або занадто витратним. У таких випадках високу ефективність показують сучасні інноваційні технології, які в короткі терміни і при відносно невеликих витратах дозволяють вирішити проблеми розмивів, що виникають. Серед таких технологій – використання геосинтетичних матеріалів, в тому числі георешіток, геотекстилей, геомембран і геокомпозитів. Зокрема, їх активно застосовують для кріплення берегів водних об'єктів, для створення нових територій, в боротьбі з ерозією ґрунту, підсилення основ, укріплення укосів берегів річок, каналів, кріплення конусів та стоянів мостових переходів тощо.

При будівництві таких об'єктів використовується, в основному, кам'яний матеріал і пісок. Для протидії розмивам і хвильовим навантаженням при зведенні хвилеломів і берегозахисних споруд вага одного каменю може досягати трьох тон і більше. Розробка кар'єрів і транспортування каменю веде до значного подорожчання проекту. Що стосується піску, який на сьогодні є одним із найдешевших будівельних матеріалів і може доставлятися на ділянки будівництва у великій кількості, то навіть механічно стабілізований пісок у водному середовищі дуже легко піддається розмиву і схильний до ерозії під впливом течії і хвиль, а також має тенденцію мігрувати навіть на пологих схилах.

Згідно рекомендацій [3] матраци (габіони) ТРИТОН® за конструктивними особливостями та за геометричною формою розділяються на два основні типи:

1) матраци ТРИТОН® (прямокутної або визначеної проектом форми) з такими різновидами:

- а) матраци (товщина до 0,6 м) застосовуються як фундаменти в

межах берегової лінії; для улаштування підпірних стінок в межах берегової лінії або берега річки; для захисту берегової лінії від розмивів; облицювання каналів; зменшення розмивів опор мостів; як захисне покриття для трубопроводів; ізолювання забрудненого осаду шляхом закупорювання пор габіонів; стабілізація дню;

б) матраци (товщина понад 0,6 м) застосовуються для облицювання каналів, канав, водоскидів; як захисні покриття від розмивів; для зведення підпірних стінок; для захисту берегової лінії від розмивів; укріплення крутих схилів (укосів);

в) мати (збірна конструкція з матраців товщиною до 0,6 м);

г) фільтраційні матраци з геотекстильними прошарками (товщина 0,15 м) застосовуються для захисту від розмивів берегів водних об'єктів та на глибоководних ділянках; як підстилаючий шар для кам'яного накиду [5];

2) труби ТРИТОН® (циліндричної форми) застосовуються як основи захисних дамб, гребель, насипів.

Полімерні гнучкі матраци системи ТРИТОН® складаються із жорсткої поліпропіленової георешітки Tensar, мотузки для плетіння та механічних з'єднувальних елементів, щільно заповнюються камінням перед установкою для забезпечення його розміщення та надійного утримання (рис. 3, 4).

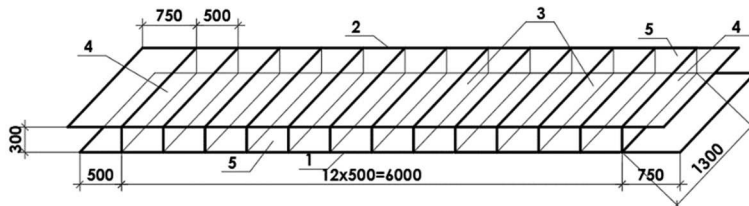


Рис. 3. Схема матраца системи ТРИТОН®:  
1 – днище, 2 – кришка, 3, 4 – поперечні діафрагми,  
5 – бокові елементи; розміри наведені в мм

На сьогодні існує ряд інноваційних технологічних рішень, що дозволяє отримати економію коштів, зробити конструкцію більш технологічною і ремонтно-придатною. Капсульований (взятий в обійму або оболонку) пісок та щебінь (морські матраци системи ТРИТОН®), дозволяють вирішувати широкий ряд технічних питань із захисту споруд від розмивів. Можлива ефективна комбінація конструкцій з капсульованого піску, кам'яних матеріалів та матраців ТРИТОН®.



Рис. 4. Конструкції матраців ТРИТОН®

Матраци ТРИТОН® щільно заповнюються камінням перед встановленням, не включають металеві елементи і тому не піддаються корозії. При виникненні розмивів дна матраци, завдяки їх гнучкості, наслідують обрису укусу ями розмиву, захищають його та запобігають подальшому просуванню розмиву в бік споруди, що захищається. Довжина випуску протирозмивного матрацу в бік водного об'єкту визначається за формулою 1.

Використання матраців ТРИТОН® має велику екологічну і фінансову переваги. Значно зменшується потреба в кам'яних матеріалах, знижуються транспортні витрати і обсяги використання підйомно-транспортних механізмів, прискорюється будівництво.

В ході експлуатації деяких ГЕС на ділянках в районі дна нижнього б'єфу утворюються місцеві розмиви, які можуть з часом призвести до втрати стійкості гідроспоруди. Для ліквідації розмивів і забезпечення стійкості всієї гідроспоруди необхідно заповнити ями розмиву кам'яним матеріалом. На дно нижнього б'єфу ГЕС діють значні швидкості турбулентного потоку води і тому найбільш надійним матеріалом буде кам'яний накид. Він найбільш ефективний, оскільки створює щільну захисну структуру в ямі розмиву, що утворилася. Але доставка великих обсягів кам'яного матеріалу, а також укладання його на дно призведе до великої технічної складності та високої вартості робіт.

Також, для подальшого виключення виносу кам'яного накиду або його переміщення потоком води, його необхідно капсулювати (взяти в обійму). Тому застосування інноваційної технології, яка поєднує комбінацію декількох елементів: матраців системи ТРИТОН® та «ГЕОБАГС» (спеціальні мішки з високоміцної тканини) є сьогодні найбільш економічним та технологічним рішенням. В якості таких оболонок можна використовувати кошики вагою до 1 т або мішки з полімерних матеріалів, зокрема з жорстких георешіток. Заповнення



може проводитися за допомогою обладнання, встановленого на пла-взасобах або вручну, в залежності від доступних умов. Для виключення підмиву або сіфузійних процесів, ділянки розмиву слід закрити фільтраційними матрацами з основою з геотекстилю. Такі матраци будуть мати велику площину дотику з ґрунтом основи і велику вагу. В якості такого привантаження використовуються фільтраційні матраци системи ТРИТОН® відповідно до «Рекомендацій з проектування та влаштування геосинтетичних гнучких габіонів ТРИТОН® [3] та геобегів (GEOBAGS) (з високоміцної тканини). Геобеги – це спеціальні мішки, виготовлені зі штучної тканини в поєднанні з високоміцними швами, які дозволяють засипати пісок або інший відповідний матеріал. Застосування геобегів полягає в тому, що ґрунт, розміщений в замкнутому середовищі з міцного матеріалу, позбавлений можливості бокового розширення. З часом після певної деформації геобега і обтискування водою, ґрунт основи змушений нести навантаження до тих пір, поки вони не перевищать межу міцності самого матеріалу геобега. Вони спроектовані таким чином, щоб забезпечувати міцність, довговічність і герметичність для роботи під час установки і протягом всього терміну служби. Після заповнення піском або іншим відповідним матеріалом відкрита сторона захисної оболонки герметизується, зазвичай, за допомогою швів. Отриманий в результаті наповнений мішок або блок у формі подушки можна легко обробляти і використовувати для заміни каменю при будівництві дамб або для робіт по захисту від ерозії.

Асортимент композитних тканин GEOBAGS розроблено з використанням спеціальної композитної тканини для забезпечення високої міцності на розрив, стійкості до стирання, захисту від ультрафіолету і довговічності. Використання геобегів забезпечує ряд специфічних переваг, таких як:

- відмова від застосування захисного каменю (залежить від неможливості доставки або відсутності кам'яного матеріалу);
- можливість використання разом з іншими конструкціями з обмеженим ризиком ушкоджень;
- легкість переміщення, якщо в них немає більше необхідності або вони втрачають свої функції.

Система матраців TRITON® була розроблена для проведення підводних робіт із забезпеченням монтажу при значних глибинах та при сильних течіях. Фільтраційний матрац TRITON® має геотекстильну тканину, укладену всередину або прикріплену до дна кам'яного матраца, виготовленого з георешітки TENSAR. Кам'яне наповнення за-

безпечує баластну вагу для тканини, а також може створювати основу для наступного укладання GEOBAGS.

Модель берегозахисту із застосуванням гнучких матраців ТРИТОН® наведено на рис. 5.

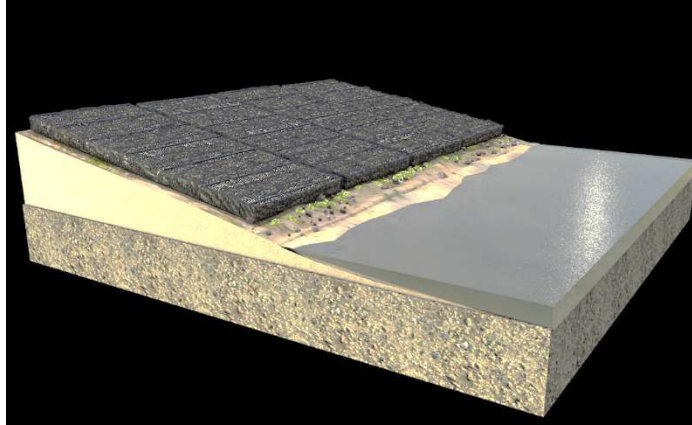


Рис. 5. Модель берегозахисту із застосуванням гнучких матраців ТРИТОН®

***Переваги матраців системи ТРИТОН® (за даними Корпусу військових інженерів США) [6]:***

- виготовлення поза будівельним майданчиком, транспортабельність завдяки їх міцності, що дозволяє перевозити їх на вантажівці або баржі і монтувати з використанням місцевого обладнання, що особливо вигідно на ділянках з обмеженими площами для складування матеріалів, довговічність, стабільність і здатність розподіляти навантаження, особливо на слабких ґрунтах основи;
- техніка виготовлення матраців дозволяє контролювати якість всього матраца після складання, що забезпечує високу якість матраців перед транспортуванням на будівельний майданчик;
- використання місцевих матеріалів знижує витрати на їх транспортування для заповнення матраців;
- матраци ТРИТОН® встановлюються в 2–3 рази швидше ніж матраци Reno;
- матраци ТРИТОН® виготовляються з сополімеру PP / HDPE, який краще працює в холодну погоду і забезпечує необхідну стійкість до стирання. Очікуваний термін служби матраца ТРИТОН® становить більше ста років;
- матраци ТРИТОН® більш гнучкі, ніж матраци Reno. При локальному розмиві морський матрац ТРИТОН® опускається в розмив, що утворився, і знаходиться в контактi з ґрунтом основи, перешкоджаючи подальшому розмиву ґрунту. Цьому сприяє міцний каркас матраца з георешітки;

- однакова водопроникність матраца забезпечуються заповненням і ущільненням каменів з мінімальним об'ємом порожнин. Хвилегасний ефект матрацам забезпечує їх шорстка і водопроникна поверхня, яка знижує висоту нахату хвиль в порівнянні з гладкими непроникними покриттями;

- матраци при підводному укладанні можна розміщувати не окремо, а касетами, до шести матраців можуть бути пов'язані один з одним, формуючи мат розміром близько 9 метрів;

- застосування матраців ТРИТОН® мінімізує кількість матеріалу і спрощує підводну конструкцію.

Швидке улаштування кріплення має перевагу при роботі у відкритих прибережних умовах при припливах з обмеженими періодами малої глибини або там, де хвильовий режим не забезпечує тривалих періодів відносно спокійних умов, а також скорочує час, необхідний для знаходження дорогого обладнання на об'єкті.

Матраци ТРИТОН® використовуються при кріпленні укосів морського і річкового дна, оскільки вони мають однакову товщину і можуть легко стикуватися один з одним (рис. 5). Матраци TRITON® Marine можуть бути встановлені за допомогою GPS.

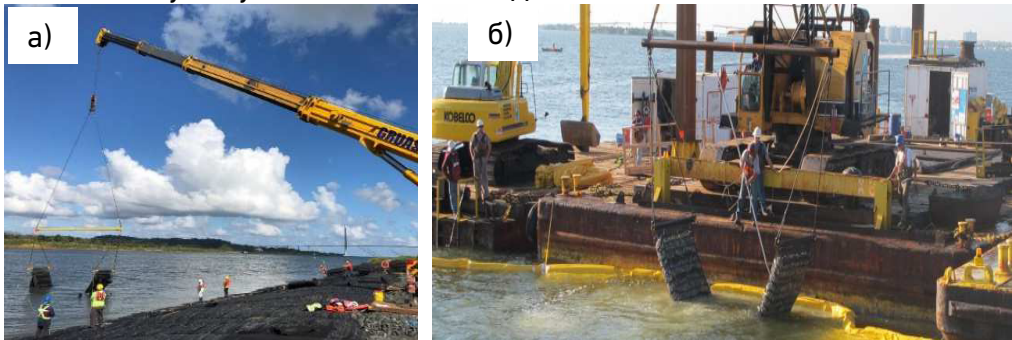


Рис. 5. Монтаж матраців ТРИТОН®: а – з берега; б – з баржі

### **Приклади використання матраців системи ТРИТОН® для захисту від розмивів**

**Міст «МЕТРО» в м. Києві.** Можливі схеми закріплення піщаного дна біля опор мостів з використанням геосинтетичних і полімерних матеріалів, зокрема, з матраців з жорстких георешіток, представлені на малюнку 6.

Розглянемо можливість застосування матраців ТРИТОН® з ліквідації місцевих розмивів біля опор мосту «МЕТРО» в м. Києві. В ході експлуатації мосту «Метро» на р. Дніпро в Києві біля його опор утворилися місцеві розмиви, які з часом можуть набути загрозливих розмірів і призвести до втрати стійкості опор і руйнування моста.

Для забезпечення стійкості опор моста і всієї споруди необхідно найближчим часом ліквідувати розмиви у опор шляхом заповнення ям розмиву, що утворилися, матеріалом, здатним протистояти місцевим швидкостям течії в місцях розмивів у опор мосту.



Рис. 6. Кріплення опор мостів з використанням матраців ТРИТОН®:  
а – загальний вигляд; б – фрагмент кріплення дна

Найбільш ефективним матеріалом для заповнення ям розмиву в умовах неможливості проведення робіт насухо і значних швидкостей течії є кам'яний накид. Його застосування в умовах річкового потоку найбільш технологічно і ефективно, оскільки камінь щільно прилягає до ґрунту і створює щільне покриття укусу ями розмиву, що утворилася і дозволяє відновити рельєф дна до розмиву. Оскільки відсутні відомості про швидкості в місцях утвореної ями розмиву (осереднених і миттєвих), тому для виключення можливості розмиву кам'яного накиду або його переміщення водним потоком, кам'яний накид необхідно укласти в оболонках. В якості таких оболонок можна використовувати кошики вагою до однієї тонни або мішки з полімерних матеріалів, зокрема, з жорстких георешіток. Їх заповнення і укладання можуть проводитися за допомогою обладнання, встановленого на плавзасобах, або вручну залежно від доступних умов виконання робіт. Для виключення повторного розмиву або виникнення дифузійних процесів відновлені місця кам'яного накиду слід привантажити фільтраційними матрацами з підкладкою з геотекстилю, яка буде відігравати роль зворотного фільтра. Такі матраци мають велику площину зіткнення з кам'яним накидом і велику вагу для забезпечення щільного контакту з ґрунтом. В якості такого привантаження рекомендується використовувати фільтраційні матраци системи ТРИТОН® відповідно до [3; 4]. Схему застосування матраців ТРИТОН® для ліквідації розмивів біля опор моста «МЕТРО» наведено на рисунку 7.

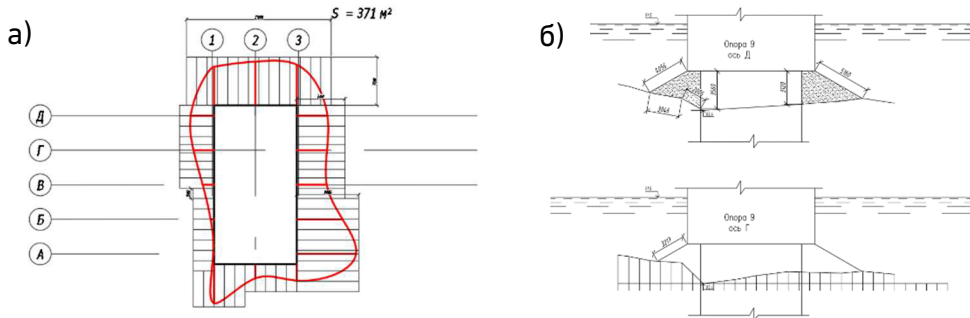


Рис. 7. Кріплення опор моста «МЕТРО»: а – план; б – поперечний розріз (червоною лінією показана межа розмиву біля опори)

**Кріплення берегів р. Черемош в районі с. Розтоки.** Зміцнення берегової лінії гірської річки Черемош в районі с. Розтоки проведено габіонними матрацами системи ТРИТОН®. Заплава порізана староріччями, протоками, рукавами, заросла чагарником. Русло в гірській частині нешироке, звивисте, розгалужене, а заплава у звужених місцях часто зовсім зникає. У передгір'ї русло має ширину від декількох десятків метрів до 230 м, дуже звивисте та розпадається на ряд рукавів з островами між ними. Ширина річки 30–50 м, глибина 0,8–1,0 м, швидкість течії 1,0–1,5 м/с та збільшується під час повені до 4–5 м/с. Дно нерівне, валунно-галькове, галькове, та піщано-галькове. Береги круті, дуже круті, висотою 0,6–1,0 м, місцями від 0,2 м до 5–8 м, оголені, місцями заросли чагарником. Без проведення берегоукріплювальних робіт в межах ділянки лівого берега р. Черемош біля с. Розтоки ймовірні подальші розмиви берегів річки із зміною планового положення русла річки та з просуванням його в напрямку дороги, яка проходить паралельно річці з подальшим її розмивом та руйнуванням.

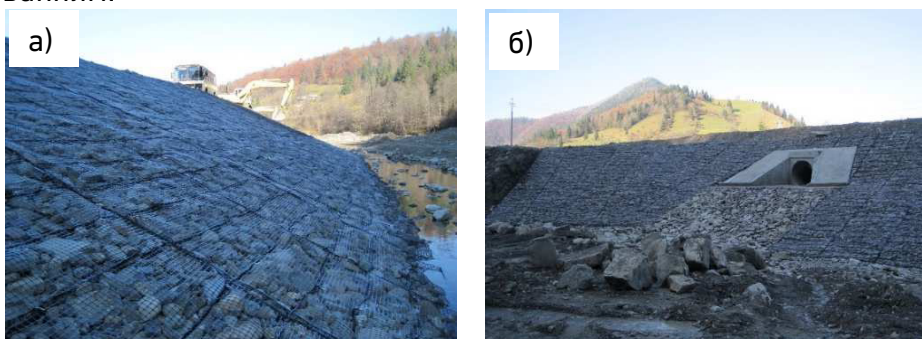


Рис. 8. Кріплення берегів річки Черемош біля с. Ростки матрацами ТРИТОН®: а – лівий берег; б – правий берег



Матраци системи ТРИТОН® виготовлялися і встановлювалися на місці. Кожна секція матраца має вертикальну і горизонтальну діафрагми (перегородки), які надають конструкції достатню жорсткість і запобігають сповзанню і перемішуванню матеріалу засипки.

**Захист мостів на трасі Т-04-03 Мар'янське-Берислав в Херсонській області**

Мостові переходи на трасі Т-04-03 Мар'янське-Берислав в Херсонській області споруджені через Новокаїрську і Миловську балки, які після будівництва Каховського водосховища заповнилися водою, були майже повністю зруйновані і вже багато років вимагали капітальних ремонтів, оскільки були практично непридатні для проїзду автотранспорту. Через відсутність укріплених конусів біля підвалин з боку корінного берега відбувався інтенсивний розмив дна, що призвело до аварійного стану мостів. Для захисту конусів підвалин були використані матраци системи ТРИТОН® (рис. 9, 10).

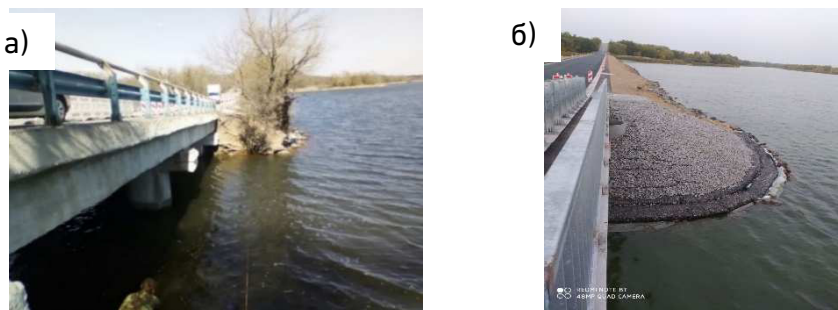


Рис. 9. Захист підвалин моста від розмивів через Новокаїрську балку:  
а – до ремонту; б – після ремонту

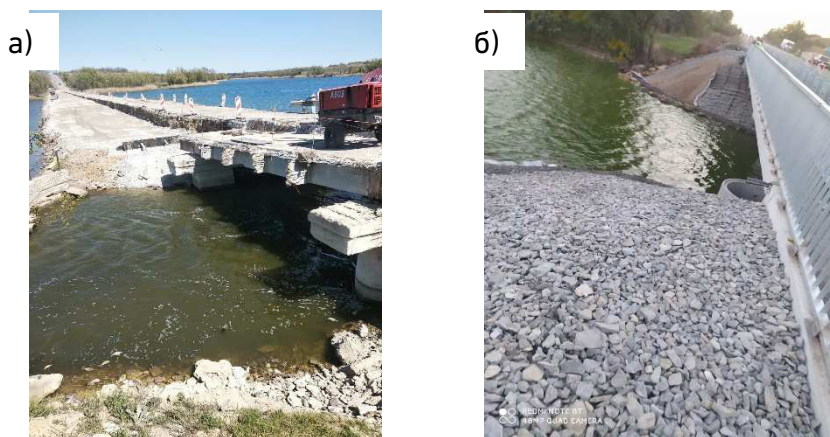


Рис. 10. Захист стоянів моста від розмивів через Миловську балку:  
а – до ремонту; б – після ремонту

## ВИСНОВКИ

**1.** Ефективність матраців ТРИТОН® обумовлена їх еластичністю (гнучкістю), зносостійкістю і довговічністю. Найбільш ефективно застосовувати матраци ТРИТОН® для укріплення берегів водних об'єктів, оскільки завдяки їх підвищеній гнучкості берегозахисні конструкції мають можливість повторювати контури прогнозованого розмиву, що виникає з боку моря або іншої водойми, рельєф і конфігурацію місцевості, що дозволяє матрацам щільно прилягати до ґрунту.

**2.** Водопроникність конструкцій та значна їх маса дозволяють з одного боку ефективно гасити кінетичну енергію хвиль, а з іншого – забезпечувати відкочування хвиль без виникнення механічної суфозії та підмиву ґрунту основи під матрацами завдяки використанню геосинтетичних матеріалів.

**3.** Вони особливо підходять для протидії посиленій ерозії в середовищах з підвищеною агресивністю (солоня вода, зона викидів стічних вод тощо), а також на слабких ґрунтах, на крутих схилах та в зонах дії хвиль. Конструктивні особливості матраців ТРИТОН® дозволяють застосовувати їх у різноманітних комбінаціях та поєднаннях та вести будівництво у різноманітних кліматичних умовах.

**1.** Програма національних спільних досліджень автомобільних доріг. Звіт 587. Контрзаходи для захисту стоянів мостів від розмиву. Рада з транспортних досліджень. Вашингтон, округ Колумбія, 2007 р. **2.** Ное Д. Захист стоянів мосту за допомогою блоків. Департамент цивільного будівництва та ресурсів, Оклендський університет, Нова Зеландія, 2001 р. **3.** Рекомендації з проектування та влаштування геосинтетичних гнучких габіонів «ТРИТОН» /ТОВ «УНІПРОМ». Рівне : НУВГП, 2017. 33 с. **4.** ДСТУ-Н Б В 1.1-38:2016. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. [Чинний від 2017-04-01]. К. : УкрНДНЦ, 2017. 135 с. (Державний стандарт України). **5.** Прибережні та водні системи «ТРИТОН». Міжнародна корпорація «ТЕНСАР», 2011 р. **6.** Стивен А. Хьюз. Використання морських матраців у прибережній інженерії ERDC/CHL CHETN-III-72, лютий 2006 р.

## REFERENCES:

**1.** Prohrama natsionalnykh spilnykh doslidzhen avtomobilnykh dorih. Zvit 587. Kontrzakhody dlia zakhystu stoianiv mostiv vid rozmyvu. Rada z transportnykh doslidzhen. Vashynhton, okruh Kolumbiia, 2007 r. **2.** Hoe D. Zakhyst stoianiv mostu za dopomohoiu blokiv. Departament tsyvilnoho budivnytstva ta resursiv, Oklendskyi universytet, Nova Zelandiia, 2001 r. **3.** Rekomendatsii z

proektuvannia ta vlashtuvannia heosyntetychnykh hnuchkykh habioniv «TRYTON»/TOV «UNIPROM». Rivne : NUVHP, 2017. 33 s. **4.** DSTU-N B V 1.1-38:2016. Nastanova shchodo inzhenerneho zakhystu terytorii, budivel i sporud vid pidtoplennia ta zatoplennia. [Chynnyi vid 2017-04-01]. K. : UkrNDNTs, 2017. 135 s. (Derzhavnyi standart Ukrainy). **5.** Pryberezni ta vodni systemy «TRYTON». Mizhnarodna korporatsiia «TENSAR», 2011 r. **6.** Styven A. Khiuz. Vykorystannia morskykh matratsiv u pryberezhnii inzhenerii ERDC/CHL CHETN-III-72, liutyi 2006 r.

---

**Plytus R. M., Design Engineer** (LLC «STC "Dorinzhnauka"», Kyiv),  
**Hariiian O. V., Director** (LLC «STC "Dorinzhnauka"», Kyiv),  
**Khlapuk M. M., Doctor of Engineering, Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Shuminskyi V. D., Candidate of Engineering (Ph.D.), Leading Researcher** (State Enterprise «State Research Institute of Building Structures», Kyiv)

## **USE OF GEOSYNTHETIC AND LOCAL MATERIALS TO SCOUR PROTECTION**

**This article focuses on the using of geosynthetic and local materials for various sphere of building application such as hydraulic engineering, coastline protection against erosion, scour protection, tailwater bottom of Power Station, bridge abutment protection, etc. When we make a design for infrastructures and hydraulic structures, we often have the situation when using of the traditional technologies and materials is insufficiently effective or too expensive. In such cases, modern innovative technologies show high efficiency, which, in a short time and at relatively low cost, can solve the problems that occur. Among such technologies are using geosynthetic materials for shoreline protection, create new arias, erosion control on the slope, riverbanks, canals, bridge abutment. Geosynthetic materials often used, when the traditional technologies and materials are not very effective or too expensive. The effective combination of the encapsulated sand structures, stone materials and TRITON® mattresses allows solving a wide range of technical issues to protect structures from erosion and scour. The advantages and disadvantages of various connection design are analyzed the requirements for them, as well as the mechanisms of their destruction. The examples of the successful using of mattresses of the TRITON® system for protection against erosion of cones and abutments of bridges, banks of mountain**





riverbanks, installation of fastenings for underwater slopes of the river and seabed are given. We gave some information about a promising project to protect the Metro bridge abutments in Kiev against scour. The problem was a deep scour hole that threatened an existing historical structure. We showed the scour boundaries near the bridge abutment No. 9. We gave some information for the technical solution that includes geogrid bags with stone and Triton System filter mattresses. Triton System filter mattresses used to exclude repeated scour or diffuse processes in areas that has restored using rock placement. Geotextile filter mattresses are working as a reverse filter. Thus, Triton Filter Mattresses were designed for challenging underwater installation. We give particular attention for TRITON® polymeric flexible mattress system, the especially of their working and using for scour protection. Use of readily available, natural fill material to create highly resilient, flexible cells means the Triton Systems can be significantly less expensive than conventional solutions such as riprap. They also conform to land contours and site configurations while resisting scour far better than rigid systems. Because Tensar Geogrids enable the TRITON® Systems to resist all naturally occurring forms of chemical, biological and environmental degradation, they are often specified for salt water and industrial run-off conditions where other types of materials would deteriorate rapidly. Marine Mattresses are available in various styles and thickness options to meet specific project requirements. We gave substantiation of the effectiveness and reliability of their working, even under conditions of the high water flow and the water depth. We give information about innovative technologies, allowing to carry out work on the installation of mattresses of the «TRITON» system from watercraft or from the shore.

**Keywords:** geosynthetic and local materials; Triton mattresses; scour; geogrids; riprap.

---

**Плитус Г. М., инженер-проектировщик** (ООО «НТЦ «Доринжнаука»»),  
**Гариян А. В., директор** (ООО «НТЦ «Доринжнаука»»),  
**Хлапук Н. Н., д.т.н., профессор** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно), **Шуминский В. Д., к.т.н., в.н.с.** (ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ И МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С РАЗМЫВАМИ**

**В статье рассмотрено применение геосинтетических и местных материалов для борьбы с размывами, используемых в различных сферах строительства. Проанализированы и приведены преимущества и недостатки различных конструкций креплений, требования к ним, а также механизмы их разрушения. Приведены примеры успешного применения матрасов системы ТРИТОН® при защите от размывов конусов и устоев мостов, берегов горных рек, устройству креплений подводных откосов речного и морского дна. Особое внимание уделено полимерным гибким матрасам системы ТРИТОН® (TRITON®), особенностям их работы и использования при защите берегов водных объектов от размывов. Обоснована эффективность и надежность их работы. Главная цель применения матрасов системы ТРИТОН® – повышение прочности, эффективности и надежности их работы и эксплуатационных показателей. Поставленная цель достигается сочетанием полипропиленовой георешетки Tensar с каменным материалом, что обеспечивает гибкость матрасам ТРИТОН® и их надежный контакт с грунтом основания. При возникновении размывов дна матрасы, благодаря своей гибкости, наследуют очертания откоса ямы размыва, защищают образовавшейся откос от дальнейшего размыва и предотвращают его продвижение в сторону защищаемого сооружения или бегега. Гибкие матрасы системы ТРИТОН® могут быть использованы при принятии технических решений по повышению эффективности защиты берегов водных объектов от размывов и по выбору их конструктивных решений.**

**Ключевые слова:** геосинтетические и местные материалы; матрасы системы ТРИТОН®; размывы; каменная наброска.

---