

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОБ'ЄМНИХ ГЕОРЕШТОК ДЛЯ  
ЗМІЦНЕННЯ УКОСІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

**FEATURES OF THE USE OF VOLUME GEO-GRIDS FOR  
STRENGTHENING THE SLOPES OF THE EARTH FABRIC OF  
AUTOMOBILE ROADS**

**Фоменко О. О., асис. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет), Седов А. В., к.т.н., доц. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)**

**Fomenko O. O., assistant (Kharkiv National Automobile and Road University), Siedov A. V., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Kharkiv National Automobile and Road University)**

*Виконаний аналіз факторів, що впливають на процес руйнування укосів земляного полотна. Основним видом зміцнення укосів, є засів їх багаторічними травами. Але в даний час, для рішення цієї проблеми активно використовуються об'ємні геосинтетичні матеріали. Наявний досвід використання георешіток при зміцненні укосів характеризує даний матеріал як надійний і якісний, але нерідкі випадки неуспішних робіт. В результаті впливу потоку можуть статися локальні порушення цілісності кріплення. За результатами аналізу досліджень були сформовані рекомендації щодо використання матеріалів для заповнення осередків в залежності від гранично допустимих швидкостей потоку.*

*Factors affecting the process of destruction of slopes of the earth bed are analyzed. Destruction of slopes is more intense, the lower the strength of the soil and the steeper the slope. The main way of strengthening slopes is to sow them with perennial grasses. But it takes 1-2 years, and sometimes more, for the formation of turf, and during this period, as a result of abundant snowmelt and intense rains, the soil is washed away from the strengthening surface. But currently, bulk geosynthetic materials are actively used to solve this problem. The main characteristics are the breaking load of the tape and the strength of the seam as a percentage of the strength of the tape. The use of these materials to increase the stability of embankment slopes is based on the joint work of the layer and the soil in the shear zone. The existing experience of using geogrids in strengthening slopes characterizes this material as reliable and high-quality, but there are frequent cases of unsuccessful works. As a result of the impact of the destructive effect of rainwater and meltwater runoff, local violations of the integrity of the fastening may occur, and in some cases, damage to the body of the slope, which can lead to a loss of its stability and slipping. When creating an anti-erosion coating of slopes, not only plant soil is often used, but also crushed stone, the size of which depends on the geometric parameters of the geogrid itself. The choice of a specific geosynthetic material*

with a certain size of lattice cells must be made depending on the purpose of using the material. According to the results of the analysis of the research, recommendations were formed on the approximate designation of the maximum permissible flow velocities depending on the material of the aggregate in the cells. It was established that the maximum allowable speed of the flow, which does not erode when filling geogrids with a certain material, increases by 30 % in relation to the allowable flow speed when using this material as reinforcement without geogrids.

*Ключові слова:* земляне полотно, інтенсивність випадання атмосферних опадів, георешітка, протиерозійна стійкість заповнювачів.

*Key words:* subsoil, rainfall intensity, slope, geogrid, anti-erosion resistance of aggregates.

Відомо, що поверхня укосів земляних споруд руйнується під дією води, вітру і різних атмосферних факторів, так само як і поверхня гірських порід в природному заляганні. Інтенсивність руйнування укосів залежить від міцності ґрунту земляного полотна і крутизни укосу. Вода, рухаючись по схилу руйнує поверхню укосу, утворюючи глибокі вимоїни (рис. 1). Також значних руйнувань можуть призвести потоки води, які течуть уздовж підшови укосу земляного полотна. Розмив ґрунту на поверхні укосу і підмив схилу в його нижній частині можуть викликати обвалення масиву ґрунту земляного полотна, що приведе до більш значних деформацій, захоплюючи тіло насипу [1].

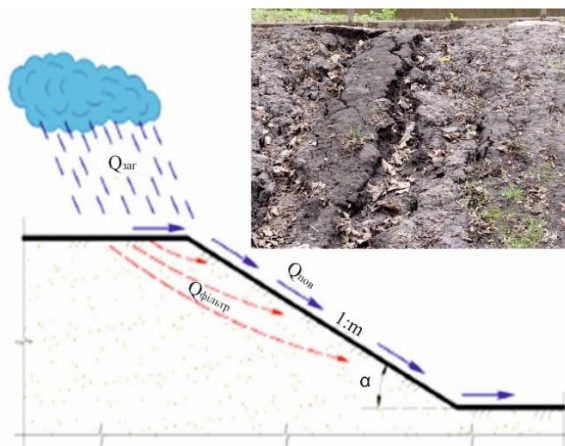


Рис. 1. Принципова схема водовідвідного укосу [1]

Значний вплив на розвиток ерозії надає інтенсивність випадання атмосферних опадів (короткочасні; періодичні; зливові; затяжні та т.п.). Розвиток ерозії виникає при випаданні дуже сильних короткочасних або тривалих зливових опадів (табл. 1).

Таблиця 1

Залежність поверхневого стоку і обсягів ґрунтів, які змиваються, від інтенсивності випадіння опадів

| Інтенсивність випадання атмосферних опадів, мм/хв | Поверхневий сток, % кількості опадів | Змив ґрунтів, т/га |
|---|--------------------------------------|--------------------|
| 0,25  | 5,0                                  | 0,23               |
| 0,50  | 18,0                                 | 0,85               |
| 1,0   | 57,0                                 | 6,8                |
| 2,0   | 62,0                                 | 36                 |

Основним видом захисту укосів земляного полотна від руйнувань і інфільтрації поверхневих вод в ґрунт, є засів їх травами. Одерновка укосів земляного полотна підвищує їх стійкість [2]. Для засіву застосовують суміші місцевих багаторічних трав. Але для утворення дерну потрібно 1-2 роки, а іноді і більше, а протягом цього періоду в результаті сніготанення та інтенсивних злив можуть відбуватися змиви ґрунту з поверхні укосів[1].

В даний час, для рішення цієї проблеми активно використовуються об'ємні геосинтетичні матеріали, що мають коефіцієнт відносного подовження при розриві не більше 10-15 %. Основними характеристиками є розривне навантаження стрічки і міцність шва в відсотках від міцності стрічки.

Застосування цих матеріалів для підвищення стійкості укосів насипу засноване на спільній роботі прошарку і ґрунту в зоні зсуву [3]. Геосинтетичні матеріали мають ряд переваг, таких як водостійкість, біостійкість, стійкість до впливу агресивних середовищ, стійкість до ультрафіолетового випромінювання, механічна стійкість, стійкість до циклів промерзання-відтавання, екологічність. Окремо варто відзначити таку властивість матеріалів, як довговічність [3]. Наявність перфорації в стінках осередків георешітки покращує міцність конструкції за рахунок переплітання коренів через стінки осередків (рис. 2).

Наявний досвід використання георешіток при зміцненні водовідвідних укосів характеризує даний матеріал як надійний і якісний, але нерідкі випадки неуспішних робіт. В результаті впливу руйнівної дії стоку дощових і талих вод можуть статися локальні порушення цілісності кріплення, а в деяких випадках і пошкодження тіла укусу, що може привести до втрати його стійкості і сповзанню (рис. 3). Завданням досліджень є визначення нерозмивних швидкостей потоків води з поверхні автомобільної дороги, з урахуванням матеріалу, яким заповнені осередки.

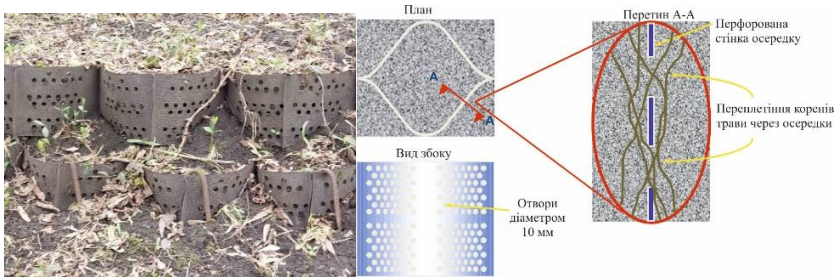


Рис. 2. Зміцнення схилу перфорованою георешіткою



Рис. 3. Вплив потоку на зміцнений укіс

В якості заповнювача георешітки можуть бути застосовані: рослинний ґрунт з посівом насіння трав, незв'язні мінеральні матеріали (щебінь, гравій), укріплені в'язким, ґрунти, бетонні суміші (рис. 4).

При створенні протиерозійного покриття укосів часто застосовують не тільки рослинний ґрунт, но і щебінь, крупність якого залежить від геометричних параметрів самої георешітки.

Вибір конкретної георешітки з певним розміром осередків необхідно проводити в залежності від умов в яких планується застосовувати матеріал.

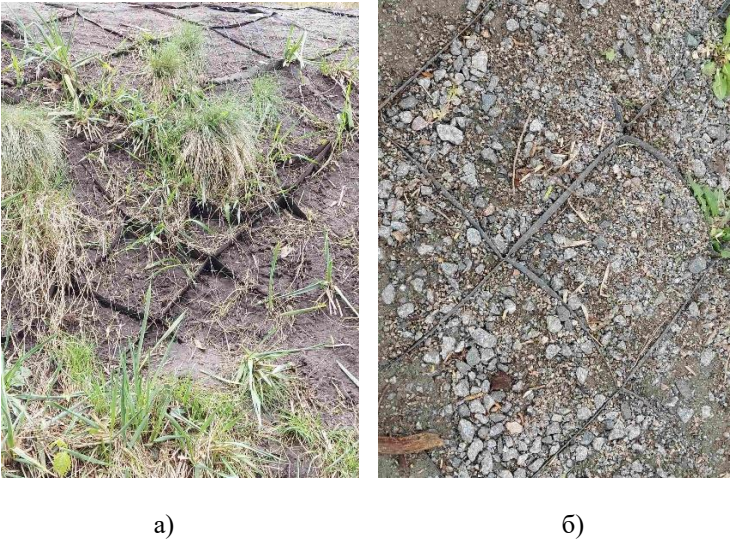


Рис. 4. Заповнення георешітки: а) рослинний ґрунт, б) щебінь

За результатами аналізу досліджень каналів, укріплених об'ємною полімерною георешіткою з кам'яним заповнювачем, які були проведені в канадському центрі внутрішніх вод в м. Берлінгтон (Онтаріо) [5], були створені рекомендації, згідно яких закладення укосів виїмок, напів-виїмок, насипів та напів-насипів, при наявності рослинності і довжині укосу до 12,0 м, допускається приймати не крутіше 1:2.

Так, георешітка з великими розмірами осередків буде найбільш доцільно використовувати на досить пологих схилах, а на крутих укосах слід застосувати георешітки з меншим розміром осередків. Також від крутизни укосу залежить вибір матеріалу, який потрібно використовувати для засипки осередків [4]. Максимальний розмір зерен мінерального матеріалу повинен бути не більше 40 мм при висоті георешітки менше 15 см і 70 мм – при висоті георешітки 15 см і більше.

Крім вибору мінерального матеріалу для заповнення георешітки і його фракції, слід звернути увагу, що при наявності перфорації в стінках осередків створюється внутрішній рух потоку з витратою  $Q_{отв}$ , відповідної пропускної здатності серії отворів [6]. Даний потік рухається в порах між наповнювачем і не робить впливу на верхній шар (рис. 5).

У результаті аналізу досліджень протиерозійної стійкості заповнювачів об'ємних георешіток в діапазоні середньої крупності  $D_{50} \% = 15-40$  мм були запропановані значення гранично допустимих швидкостей потоку в разі застосування перфорованої стрічки георешітки (рис. 6) [6].

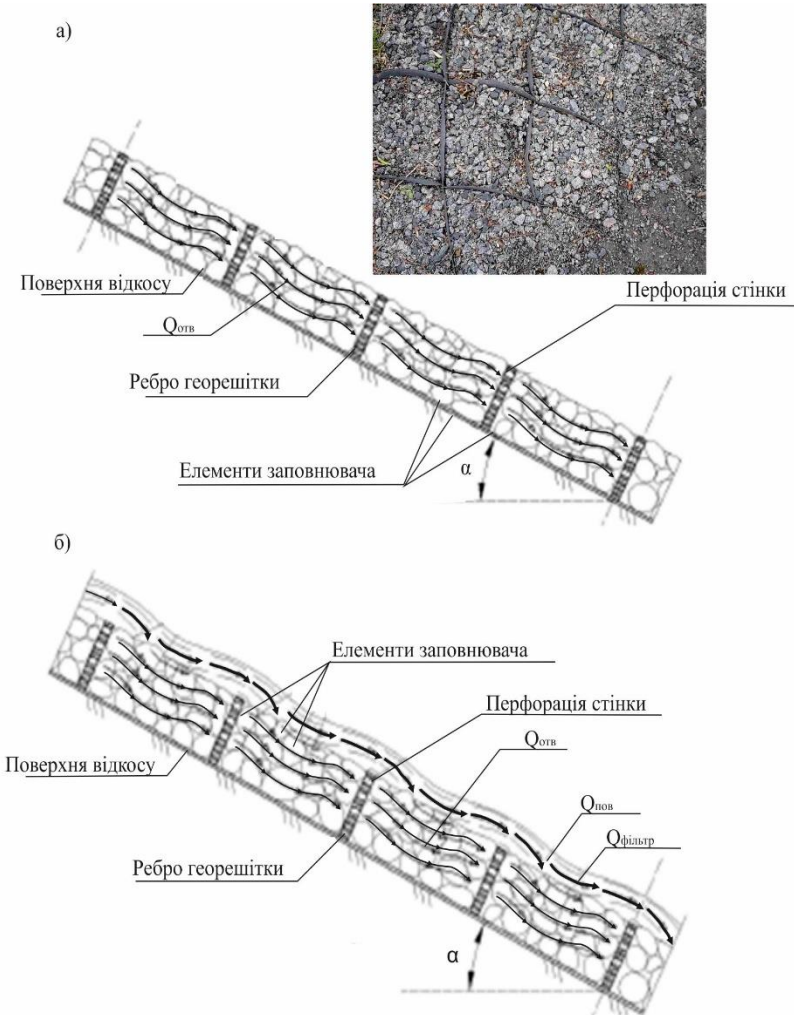


Рис. 5. Схеми стадій пропуску потоку через отвори стінок георешітки з перфорованої стрічкою: а – стадія руху потоку через пори заповнювача і отвори в георешітці; б – стадія швидкотокоту

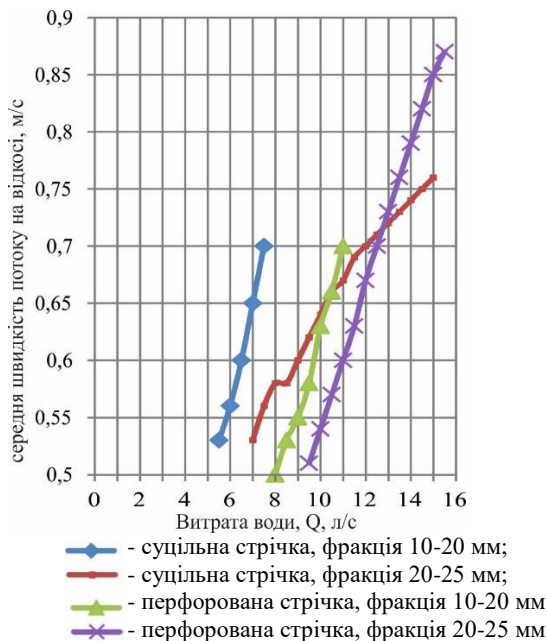


Рис. 6. Середня швидкість потоку на відкості

При дослідженні перфорованої стрічки виявлено підвищення стійкості заповнювача. Збільшення значень гранично допустимих швидкостей оцінюється в інтервалі від 3,4 % до 22,8 %.

За результатами аналізу досліджень були сформовані рекомендації по вибору матеріалів для заповнення осередків георешіток в залежності від гранично допустимих швидкостей потоку (табл. 2).

Таблиця 2  
Рекомендовані умови застосування матеріалів для заповнення осередків при протиерозійному укріпленні укосів

| Матеріал для заповнення осередків   | Швидкість потоку, $V_{\text{доп}}$ , м/с |
|---|--|
| Рослинний ґрунт з гідропосівом насіння трав   | 0,5                                      |
| Укріплений ґрунт  | 1,2                                      |
| Щебінь фракцій 40-60 мм   | 1,0                                      |
| Щебінь фракцій 40-60 мм з додатковим зміцненням цементним розчином ( $\gamma_3 \geq 1,95 \text{ т/м}^3$ )                                 | 1,6                                      |
| Бетонна суміш (7,5 см $\gamma_3 \geq 2,3 \text{ т/м}^3$ ) у верхній частині і щебінь (7,5 см $\gamma_3 \geq 1,7 \text{ т/м}^3$ ) в нижній | 1,8                                      |
| Бетонна суміш ( $\gamma_3 \geq 2,3 \text{ т/м}^3$ )   | 2,2                                      |

При узагальненні деякого об'єму результатів гідравлічних досліджень укосів, можна зробити висновок, що використання для зміцнення укосів об'ємних георешіток дозволяє збільшити гранично допустиму швидкість потоку, що не розмиває, на 30 % по відношенню до допустимої швидкості потоку при використанні в якості зміцнення такого ж матеріалу але без георешіток.

#### **References**

1. Mkrtchian O. Heoinformatsiine modeliuвання protsesu skhylovoi erozii / O. Mkrtchian // Visnyk Ivivskoho universytetu. Seriiia heohrafichna. – 2004. – Vyp. 30. – S.188-193
2. Liutyi A. O. Biolohichni typy konstruksii ukriplennia ukosiv zemlianoho polotna zaliznyts / A. O. Liutyi // Zbirnyk naukovykh prats Ukrainsoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu. - 2013. - Vyp. 141. - S. 173-176. - Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt\\_2013\\_141\\_33](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2013_141_33).
3. GEOMATERIALY. Heotekstyl. Reshityky. Membrany. Maty. URL: <https://www.vodaland.com.ua/file/builder/3lPxVtqZ65.pdf> (data zvernennia: 17.04.2023).
4. R V.2.3-218-02070915-495:2005. Rekomendatsii z konstruiuvannia i tekhnolohii pidvyshchennia stiikosti konusiv ta ukosiv zemlianoho polotna. [Chynnyi vid 2006-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhavna sluzhba avtomobilnykh dorih Ukrainy, 2005. 21 s.
5. The GEOWEB channel protection system. Technical overview / Presto Products Company. – Appleton, Wisconsin, USA, 1999. URL: [http://www.tarsu.com/pdf/kanal\\_koruma\\_teknik\\_ayrinti.pdf](http://www.tarsu.com/pdf/kanal_koruma_teknik_ayrinti.pdf) (data zvernennia: 17.04.2023).
6. Bieliatynskyi A.O. Matematyчне modeliuвання protsesiv stoku /A.O. Bieliatynskyi // Avtoshliakhovyk Ukrainy. – K., 2002. – №5. – S.101-103.

#### **Література**

1. Мкртчян О. Геоінформаційне моделювання процесу схилової ерозії / О. Мкртчян // Вісник львівського університету. Серія географічна. – 2004. – Вип. 30. – С.188-193
2. Лютий А. О. Біологічні типи конструкцій укріплення укосів земляного полотна залізниць / А. О. Лютий // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. - 2013. - Вип. 141. - С. 173-176. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt\\_2013\\_141\\_33](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2013_141_33).
3. GEOMATERIALI. Геотекстиль. Решітки. Мембрани. Мати. URL: <https://www.vodaland.com.ua/file/builder/3lPxVtqZ65.pdf> (дата звернення: 17.04.2023).
4. Р В.2.3-218-02070915-495:2005. Рекомендації з конструювання і технології підвищення стійкості конусів та укосів земляного полотна. [Чинний від 2006-01-01]. Вид. офіц. Київ : Державна служба автомобільних доріг України, 2005. 21 с.
5. The GEOWEB channel protection system. Technical overview / Presto Products Company. – Appleton, Wisconsin, USA, 1999. URL: [http://www.tarsu.com/pdf/kanal\\_koruma\\_teknik\\_ayrinti.pdf](http://www.tarsu.com/pdf/kanal_koruma_teknik_ayrinti.pdf) (дата звернення: 17.04.2023).
6. Белятинський А.О. Математичне моделювання процесів стоку /А.О. Белятинський // Автошляховик України. – К., 2002. – №5. – С.101-103.