

## ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 627.42:532

<https://doi.org/10.31713/vt420211>

**Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент, Волк Л. Р., к.т.н., доцент, Вечер В. В., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ РЕГУЛЯЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ БІЛЯ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ НА РІЧЦІ ТИСА В УМОВАХ РІЗКИХ ЗМІН КЛІМАТУ**

У статті, на основі гідроморфологічного моніторингу р. Тиса в Закарпатській області, Україна, проаналізовано роботу мостових переходів на ділянці с. Королево – смт Вилोक. Досліджено вплив мостових переходів на русловий процес. Встановлено причини формування акумулятивних форм і розвитку руслових деформацій в зоні впливу мостів. Запропоновано заходи щодо поліпшення роботи мостових переходів внаслідок влаштування нових або модернізації існуючих регуляційних споруд біля мостів.

**Ключові слова:** гідроморфологічний моніторинг; русловий процес; мостові переходи; регуляційні споруди; акумулятивні форми наносів; пропускна спроможність.

**Вступ.** Невід'ємною частиною автомобільної чи залізної дороги є мостові переходи, до складу яких входять регуляційні споруди. Від того як вони виконують свої функції під час пропуску паводкових або повеневих вод і буде залежати успішна робота всього мостового комплексу, безпечна та безаварійна робота транспорту в цілому.

Досвід експлуатації мостових переходів, особливо на гірських і передгірських ділянках річок показує, що основними причинами пошкодження або руйнування мостів є: місцевий розмив біля мостових опор та регуляційних споруд й припинення їх функціонування; вибір схеми регулювання було здійснено без врахування типу руслового процесу на конкретній ділянці влаштування мостового переходу та не правильно підбрано споруди, які входять до її складу; відсутність будь якого регулювання; руйнування укріплень вище моста [1-7].

Все це свідчить про те, що проблема регулювання водного потоку біля мостів була і залишається актуальною, особливо тепер, під

час різких змін клімату на Землі, які призводять до небезпечних аномальних гідрометеорологічних явищ.

### **Сучасний стан річки Тиса та особливості руслового процесу.**

На досліджуваній ділянці р. Тиса русло звивисте, сильно розгалужене, зазнає значних деформацій під час проходження паводків. Річка являє собою безперервне чергування плесів і перекатів. У руслі річки постійно зустрічаються осередки, острови, боковики. На них і на заплавах спостерігаємо скупчення масивів рослинності (дерева, чагарники, висока трава), які суттєво впливають на пропускну спроможність річки і в цілому на русловий процес.

Наші дослідження дозволили зробити узагальнення про особливості руслового процесу на досліджуваній ділянці річки [8]:

- по-перше, під час проходження паводка потік рухається по поверхнях заплав між масивами рослинності та іншими перешкодами, концентруючи витрату води у вузьких, обмежених рослинністю, водопропускних коридорах, і атакує один із берегів під деяким кутом (від 30° до 90°), утворюючи навальні течії;
- по-друге, завдяки поперечному похилу поверхонь заплав в напрямку до русла швидкості потоку під час проходження паводка можуть досягати 5...6 м/с;
- по-третє, внаслідок першочергового вимиву ґрунту біля берега (за причини навала потоку на берег) можуть утворюватися формування з донних наносів у вигляді пасм, які сприяють подальшому розвитку значних деформацій.

Найнебезпечнішою ділянкою русла р. Тиса, де спостерігаються значні деформації, які досить активно розвиваються, слід вважати ділянку між селами Гетиня і Бобове (Тисобикень) Виноградівського району. Розрахункова витрата 1% забезпеченості на в/п Вилоч складає 5200 м<sup>3</sup>/с. Середній похил дна русла в межах зазначеної ділянки річки складає 0,0011. Ділянка характеризується інтенсивним русловим процесом, який проявляється в активному меандруванні, різких натіканнях (навалах) потоку в окремих місцях на берег, а також значними загальними та місцевими деформаціями дна (рис. 1).

В зоні інтенсивних переформувань русла і берегів розташовано гідротехнічні та інженерні споруди, що зазнають пошкодження або руйнування під час проходження паводків або повеней.

**Проблеми проходження паводків на річці Тиса.** Натепер прогнозування можливих деформацій русел на передгірських ділянках

річок під час проходження паводків є одним з найактуальніших завдань в теорії руслових процесів. Однією з таких проблемних є ділянка р. Тиса в Закарпатській області між с. Королево і смт Вилोक. Саме в таких місцях під час проходження



Рис. 1. Фрагмент плану р. Тиса на ділянці з інтенсивним русловим процесом (на правому березі с. Бобове, коричневий фон; на лівому березі заплавна рослинність, зелений фон)

паводка виникають катастрофічні розмиви. Ці розмиви представляють собою сумарні деформації загального та місцевого характеру й пов'язані, як правило, з тим, що під час розмивів одночасно відбуваються ряд фізичних явищ. У міру збільшення витрати, коли відбувається вихід водного потоку з меженного русла на заплаву, транспорт донних наносів на цей час є ще відсутнім, але розмивна спроможність потоку збільшується. Цю проблему підсилює рослинність, яка досить щільно покриває заплави річки і сприяє різкому збільшенню питомих витрат води у звужених, вільних від рослинності, місцях заплави. Крім того наноси, які зупинились на підходах до мостів а також в підмостовому руслі, чинять значний опір проходженню паводкової витрати та донних наносів, створюючи значний підпір і загрозу,

що може призвести до пошкодження або руйнування самих мостів, підхідних насипів, регуляційних і захисних споруд, розташованих біля мостів.

Для транскордонної р. Тиса характерними є змішані та літні паводки, внаслідок чого береги річки, мостові переходи, укоси огорожувальних дамб і інші регуляційні та інженерні споруди зазнають у цей час значних пошкоджень, деформацій або руйнувань. Тому питання прогнозування та отримання параметрів можливих руслових деформацій мають надзвичайно важливе значення для проектування протипаводкових заходів і споруд, які б забезпечували їх нормальну роботу [7–10].

**Вплив мостових переходів на русловий процес.** На досліджуваній ділянці р. Тиса особливий вплив на паводковий процес мають мости (рис. 2-5). Згідно з положеннями ДБН В.2.3-14:2006, [11]: комплекс «мостовий перехід» включає: власне «міст», «підходи» до нього та «регуляційні споруди». На передгірських (блукаючих) ділянках річок мостові регуляційні споруди є обов'язковими. Такі споруди влаштовують у вигляді струмененапрямних дамб (валів), які поступово зменшують ширину русла й заплав до ширини сумарного мостового отвору (просвіту), і вони призначені, на відміну від аналогічних дамб на рівнинних річках, забезпечити під час проходження паводка плавне підведення до мостових отворів не тільки води, але й рухомих донних наносів. Тому довжина фронту регулювання на передгірських ділянках річок повинна бути значно більшою і складати біля 2-4 величин сумарного отвору моста в просвіт [6]. Крім того, норми регламентують, що отвір моста в просвіт не повинен бути меншим від стійкої ширини русла [11]. Після будівництва мостових переходів природний русловий процес порушується, і це порушення може розповсюдитись на велику за довжиною ділянку річки як вище так і нижче моста. Локальні порушення руслового процесу в зоні розташування моста можуть відбутися, якщо останній значно стискує потік, обмежує розвиток звивин або окремі отвори закупорені наносами та існуючою на них рослинністю, або, якщо споруди мостового переходу не забезпечують процес плавного підведення паводкових вод і наносів з русла та заплав до отворів моста, тобто, коли відсутні регуляційні споруди.

Мостовий перехід, стискаючи водний потік, створює підпір, який розповсюджується на значну відстань вище моста, а нижче нього формується ділянка річки з пониженим рівнем. Мостовий перехід обумовлює тип руслового процесу або за відповідних умов мо-

же повністю змінити існуючий, тобто вище моста і нижче можуть сформуватися та існувати різні типи руслового процесу. Може виникнути й інша ситуація: на ділянці річки, розташованій нижче моста, (після завершення його будівництва), виникають фактори, що можуть призвести до зміни існуючого типу руслового процесу, а звідси й інший характер і картина деформацій на цій ділянці річки. Проаналізуємо хід руслових процесів, які відбуваються в зоні впливу мостів на р. Тиса, біля населених пунктів смт Вилок (рис. 2), м. Виноградів (рис. 3), с. Веряця (рис. 4), смт Вишково (рис. 5), (фотографії, що наведено на рис. 2-5, виконано з літального апарата інженером – гідротехніком Барченко В.В.).

**Автодорожній міст біля смт Вилок** (рис. 2), загальна ширина (просвіт) якого складає 270,0 м, є меншим за необхідну ширину зарегульованого (розрахункового) русла, яка складає 366,0 м. Тому тут існують постійні експлуатаційні проблеми щодо забезпечення надійної роботи моста та огорожувальних дамб, розташованих у зоні його впливу.

На рисунку 2 видно, що перед мостом відстань між дамбами різко зменшується й огорожувальні дамби безпосередньо підходять і з'єднуються з конусами берегових опор моста. На ці дамби покладено функції огорожувальних (захисних) споруд, тому вони аж ніяк не виконують регуляційні функції, хоча на перший погляд, не вдаючись до аналізу їх роботи, може скластися враження, що вони виконують регуляцію. Тобто, на існуючому мосту відсутні регуляційні споруди. Тут повинні бути струмененапрямні дамби, які б поступово та плавно спрямовували під міст і відводили від нього не тільки воду, але й донні наноси, що транспортуються під час паводка. У випадку, коли така регуляція біля моста відсутня, наноси зупиняються перед ним або під ним, в окремих отворах у підмостовому створі, формуючи тимчасові акумулятивні форми (боковики, осередки, коси), і на кінець, острови, які в часі замулюються, на них проростає трава, а згодом кущі й дерева. Якщо наступний паводок проходив з витратою меншою у порівнянні з витратою попереднього паводка і потік не зміг розмити ці скупчення наносів, то вони залишаються в руслі (або під мостом) і значимо впливають на перерозподіл питомих витрат, що може призвести до пошкоджень або руйнувань берегових і проміжних опор моста, мостових земляних підходів, призвести до переливу або розмиву вищерозташованих огорожувальних дамб і затоплення територій. Вплив моста на величину витрати та швидкість протікання води може бути настільки значним, що це може призвес-



ти до зміни типу руслового процесу на ділянці річки вище або нижче моста.



Рис. 2. Загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р. Тиса на ділянці з існуючим автодорожнім мостом біля смт Вилोक (смт Вилोक на правому березі річки)



Рис. 3. Загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р. Тиса біля м. Виноградів на ділянці з існуючими залізничним і автодорожнім мостами (залізничний міст розташовано вище за течією)



Рис. 4. Загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р. Тиса біля с. Веряця (кар'єр) на ділянці з існуючим залізничним мостом

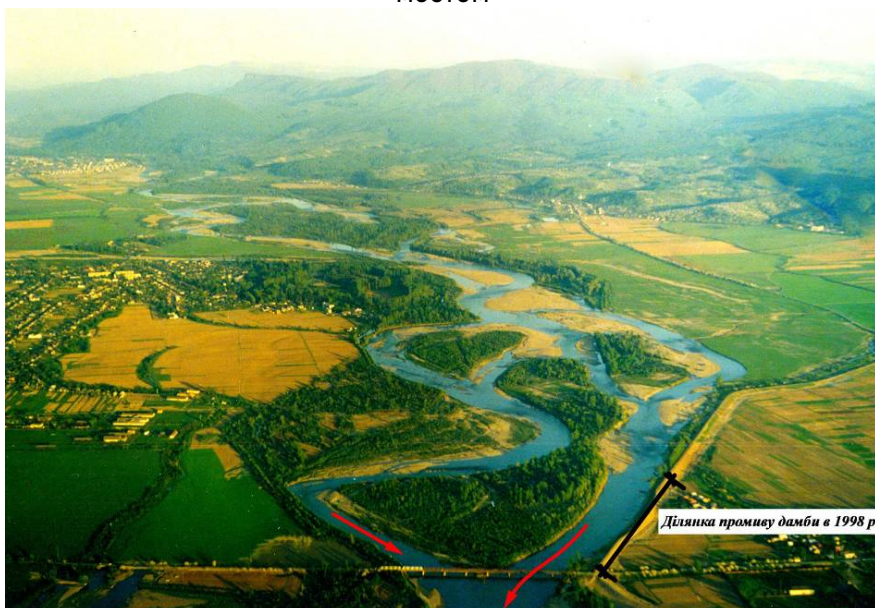


Рис. 5. Загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р. Тиса біля смт Вишково: на передньому плані автодорожній міст перед яким сформувався острів; вище моста три острови та чотири протоки; ще вище – нові скупчення донних гравійно-піщаних наносів без рослинності (три осередки), далі знову острів і дві протоки

Тут слід звернути увагу ще на одну обставину – розташування огорожувальних дамб в плані на підході до берегових опор не є найкращою в тому сенсі, що вони крім різкого стиснення водопропускного фронту мають ввігнуті ділянки (лівобережна дамба) повернуті до русла, а не криволінійні (опуклі), як цього вимагає регуляція біля мостів на передгірських ділянках річок. Якраз в таких місцях буде концентруватися найбільший підпір, який включає підпір, що створює сам міст і підпір в побутовому (природному) руслі, що зумовлює підвищену розмивну спроможність потоку. Такі місця в огорожувальних дамбах біля мостів найнебезпечніші, тому зазнають пошкодження або руйнування (наприклад, лівобережна дамба біля залізничного моста, Королево, рис. 3; лівобережна дамба біля автодорожнього моста, Вишково, рис. 5).

Міст біля смт Вилок влаштовано у звуженому створі, (що має вигляд «горловини»), під час проходження паводка створює складну і напружену ситуацію для всіх споруд, влаштованих в зоні моста. По-перше, він спричиняє підпір водної поверхні, напружує роботу проміжних і, особливо, берегових опор; по-друге, береги на підході до моста складені легкорозмивними ґрунтами, тому вони потребують постійного укріплення; по-третє (найголовніше), два лівобережні отвори цього моста заросли кущами та деревами, тому під час проходження паводка міст не забезпечує необхідну пропускну спроможність для паводкової витрати, що і зумовлює перелив води через огорожувальні дамби, влаштовані вище моста, або їх розмив. Нижче моста русло має правосторонню звивину, на якій міждамбовий поперечний переріз є теж недостатнім для пропуску паводкової витрати.

**Залізничний і автодорожній мости біля м. Виноградів** (рис. 3). Як і в попереднього моста, аналогічні проблеми існують і на цих двох мостах: відсутня регуляція біля мостів; перед залізничним мостом сформувався острів з рослинністю, який служить природною перепорою паводковій витраті й спричиняє концентрацію та нерівномірний розподіл питомих витрат; чотири лівобережні отвори залізничного та три отвори автодорожнього моста «закупорені» наносами та рослинністю, що потребує негайної розчистки. Усі ці причини у 2006 р. призвели до розмиву та руйнування лівобережної огорожувальної дамби, мостового підходу, а також опор залізничного моста.

**Залізничний міст біля с. Веряця** (рис. 4). Для нормальної експлуатації моста необхідно здійснити розчистку від наносів і рослинності три лівобережні отвори залізничного моста та видалити піщаний осередок перед мостом, який в часі може перерости в острів і



буде чинити значний опір проходженню паводків чи повеней.

**Автодорожній міст біля смт Вишково**, (рис. 5). Під час проходження паводка в 1998 р. на підході до моста лівобережна огороджувальна дамба була розмита й зруйнована (видно ділянку відновленої дамби). Причина полягала в тому, що акумулятивні наносні скупчення сформували значний підпір рівня водної поверхні і концентрацію паводкової витати у лівосторонній протоці, що призвело до руйнування. На сьогодні загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р. Тиса така: перед автодорожнім мостом сформувався острів з рослинністю; вище моста три острови та чотири протоки, ще вище – нові скупчення донних гравійно-піщаних наносів без рослинності (осередки), а потім знову острів дві протоки. Для нормальної роботи моста, в першу чергу, необхідно терміново видалити острів з рослинністю, що сформувався перед мостом та розділяє русло на дві протоки.

**Висновки.** Таким чином, для захисту мостів і огороджувальних дамб на досліджуваній ділянці р. Тиса необхідно:

- видалити наносні відкладення з русла річки перед мостом, які покриті, переважно, рослинністю;
- розчистити підмостове русло від наносів і рослинності в тих отворах, де відбулося накопичення наносів і на них сформувалась рослинність;
- передбачити планову реконструкцію огороджувальних дамб на ділянках безпосередньо біля мостів з поступовою зміною планового розташування цих ділянок дамби з метою надання їм функцій мостових регуляційних струмененапрямних дамб; обов'язково передбачити регуляційні заходи і споруди на всіх мостових переходах, якщо вони попередньо були відсутні;
- здійснювати модернізацію огороджувальних дамб, розташованих вище мостових переходів: забезпечити надійне укріплення їх руслових укосів і підшви шляхом будівництва поперечних споруд – напівзагат;
- звести рослинність (кущі та дерева) на акумулятивних формах, на яких утворилась рослинність, і тим самим полегшити експлуатаційні умови для мостів і огороджувальних дамб.

1. Леви И. И. Динамика русловых потоков. М.-Л. : Госэнергоиздат, 1957. 252 с. 2. Попов И. В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. Л. : Гидрометеоиздат, 1969. 363 с. 3. Попов И. В. Загадки речного русла. Л. : Гидрометеоиздат, 1977. 168 с. 4. Сنيщенко Б. Ф. Методы решения практических задач на основе гидроморфологической теории руслового

процесса. *Русловые процессы* : труды IV Всес. гидролог. съезда. Л. : Гидрометеиздат, 1976. Т. 10. С. 376–382. **5.** Лиштван Л. Л. Применение гидроморфологической теории руслового процесса при проектировании мостовых переходов через реки. *Русловые процессы* : труды IV Всес. гидролог. съезда. Л. : Гидрометеиздат, 1976. Т. 10. С. 331–341. **6.** Бегам Л. Г., Алтунин В. С., Цыпин В. Ш. Регулирование водных потоков при проектировании дорог. М. : Транспорт, 1977. 304 с. **7.** Шинкарук Л. А., Хлапук М. М., Щодро О. Є., Якушев А. І. Гідроморфологічний моніторинг р. Тиса на ділянці Королево – Вилоч в Закарпатській області. *Водне господарство України*. 2012. № 2 (98). С. 8–15. **8.** Щодро О. Є., Шинкарук Л. А., Якушев А. І. Результати досліджень і розрахунків руслових деформацій на р. Тиса на ділянці Бобове – Гетиня в Закарпатській області. *Водне господарство України*. 2012. № 4 (100). С. 39–43. **9.** Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, Хельсинки, 17.03.1992. 23 с. **10.** Документ: «Управление риском возникновения наводнений в бассейнах трансграничных рек». *Материалы семинара по управлению трансграничным риском возникновения наводнений (United Nations Economic Commission for Europe Ministry of Transport, Public Works and Water Management of the Netherlands)*, Женева, 22–23 апреля 2009. 28 с. **11.** ДБН В.2.3-14:2006. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. Київ : Мінбуд України, 2006. 217 с.

## REFERENCES:

1. Levi I. I. Dinamika ruslovyih potokov. M.-L. : Gosenergoizdat, 1957. 252 s.
2. Popov I. V. Deformatsii rechnyih rusel i gidrotehnicheskoe stroitelstvo. L. : Gidrometeoizdat, 1969. 363 s.
3. Popov I. V. Zagadki rechnogo rusla. L. : Gidrometeoizdat, 1977. 168 s.
4. Snischenko B. F. Metodyi resheniya prakticheskikh zadach na osnove gidromorfologicheskoy teorii ruslovogo protsessa. *Ruslovyie protsessyi* : trudy IV Vses. gidrolog. syezda. L. : Gidrometeoizdat, 1976. Т. 10. S. 376–382.
5. Lishtvan L. L. Primenenie gidromorfologicheskoy teorii ruslovogo protsessa pri proektirovanii mostovih perehodov cherez reki. *Ruslovyie protsessyi* : trudy IV Vses. gidrolog. syezda. L. : Gidrometeoizdat, 1976. Т. 10. S. 331–341.
6. Begam L. G., Altunin V. S., Tsyipin V. Sh. Regulirovanie vodnih potokov pri proektirovanii dorog. M. : Transport, 1977. 304 s.
7. Shynkaruk L. A., Khlapuk M. M., Shchodro O. Ye., Yakushev A. I. Hidromorfolohichni monitorynh r. Tysa na diliantsi Korolevo – Vylok v Zakarpatskii oblasti. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*. 2012. № 2 (98). S. 8–15.
8. Shchodro O. Ye., Shynkaruk L. A., Yakushev A. I. Rezultaty doslidzhen i rozrakhunkiv ruslovykh deformatsii na r. Tysa na diliantsi Bobove – Hetynia v Zakarpatskii oblasti. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*. 2012. № 4 (100). S. 39–43.
9. Konventsiiya EEK OON po ohrane i ispolzovaniyu transgranichnyih vodotokov i mejdunarodnyih ozer, Helsinki, 17.03.1992. 23 s.
10. Dokument: «Upravlenie riskom vzniknoveniya navodneniy v basseynah transgranichnyih rek».

*Materialyi seminara po upravleniyu transgranichnyim riskom vznikoveniya navodneniy (United Nations Economic Commission for Europe Ministry of Transport, Public Works and Water Management of the Netherlands), Jeneva, 22–23 apelya 2009. 28 s. 11. DBN V.2.3-14:2006. Derzhavni budivelni normy Ukrainy. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia. Kyiv : Minbud Ukrainy, 2006. 217 s.*

---

**Shynkaruk L. A., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Volk L. R., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Vecher V. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

### **SUBSTANTIATION OF THE NEED FOR REGULATORY AND PROTECTIVE MEASURES NEAR THE BRIDGES ON THE TISZA RIVER IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE**

**In the practice of hydraulic engineering construction, including river hydraulic engineering, in addition to hydraulic engineering constructions, many other engineering constructions and communications of small dimensions have been built and operated on rivers. They affect the river process in different ways. These include the following structures: bridges, regulatory structures, river intakes, water and municipal water outlets, crossings of rivers, gas and oil pipelines, transmission line pylons, as well as quarries for the development of gravel and sand deposits in rivers, etc.**

**Work performed to regulate riverbeds must be considered in conjunction with the work of hydraulic structures built on them, taking into account their impact on the hydraulic regime of rivers.**

**Hydraulic engineers state that the river process is disturbed after the construction of hydraulic and engineering structures. This violation of the river process can cover a significant section of the river in length (general deformations). In addition, local violations of the river process in areas of buildings are possible. They occur when hydraulic structures strongly compress the flow or limit the development of river meanders, or do not provide a continuous flow around the flow of structural elements. Therefore, the problem of predicting the river process with disturbed (unnatural) water regime remains relevant and insufficiently studied in the theory of river processes.**

**Experience shows that on the one hand, structures can be deformed and destroyed in places of their location during floods, on the other – the buildings themselves can cause deformation of the river.**

**The paper, based on the hydromorphological monitoring of the Tisza River in the Zakarpattia region, Ukraine, analyzes the work of bridge crossings in the area of the village of Korolevo – Vilok village. The influence of bridge crossings on the river process is investigated. The reasons for the formation of accumulative forms and the development of river deformations in the zone of influence of bridges are established. Measures to improve the operation of bridge crossings due to the installation of new or modernization of existing regulatory structures near the bridges are proposed.**

**Keywords:** hydromorphological monitoring; river process; bridge crossings; regulatory structures; accumulative forms of sediments; flow capacity.

---

**Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент, Волк Л. Р., к.т.н., доцент, Вечер В. В., к.т.н., доцент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

### **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РЕГУЛЯЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ У МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ НА РЕКЕ ТИСА В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

**В статье, на основе гидроморфологического мониторинга г. Тиса в Закарпатской области, Украина, проанализирована работа мостовых переходов на участке с. Королева – пгт. Вилко. Исследовано влияние мостовых переходов на русловой процесс. Установлены причины формирования аккумулятивных форм и развития русловых деформаций в зоне влияния мостов. Предложены мероприятия по улучшению работы мостовых переходов вследствие устройства новых или модернизации существующих регуляционных сооружений у мостов.**

**Ключевые слова:** гидроморфологический мониторинг; русловой процесс; мостовые переходы; регуляционные сооружения; аккумулятивные формы наносов; пропускная способность.