УДК 627.13:519.711.3

Славінська О.С., д.т.н.
Бабич Ю.В.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ДЕФОРМАЦІЙ НА ЗАПЛАВНИХ ДІЛЯНКАХ В ЗОНІ ВПЛИВУ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ

Анотація. В статті проаналізовано основні фактори, які обумовлюють розвиток розмивів на заплавних ділянках в зоні впливу мостових переходів.
Ключові слова: заплава, розмив, затоплення.

Аннотация. В статье проанализированы основные факторы, которые обусловливают развитие размывов на пойменных участках в зоне мостовых переходов.
Ключевые слова: пойма, размыв, затопления.

Abstract. The paper analyzes the main factors that determine the development of erosion in the flooded areas in the zone of influence of bridge.
Key words: floodplain, erosion, flooding.

Постановка проблеми. Негативний вплив повені 2010 р. призвів до затоплення майже 2 тис. га земель у Львівській, Івано-Франківській та найбільше у Закарпатській областях України. Це призвело до пошкодження мостових переходів на автомобільних дорогах: з них 12% не відповідають нормативним вимогам, а 4,5% - потребують негайного ремонту. Мостові переходи, як правило, охоплюють не тільки русло річки, а й частини заплав. На заплавних ділянках відбувається територіальний перерозподіл водних ресурсів, виникає проблема у регулюванні стоку, прогнозуванні пропускної здатності і розвитку деформацій на заплавах.

На заплавах ґрунтові частинки у побутових умовах нерухомі, оскільки фактична побутова швидкість течії води по заплаві менше за розмивну. Розмив на цій ділянці розпочнеться тільки при умові, якщо швидкість потоку перевищить нерозмивну для частинок наносів [1].

Аналіз проблеми. Дослідників переважно цікавить лише пропускна здатність заростих ділянок заплав, тому запропоновані рішення мають в більшості емпіричний характер. Беручи до уваги, що заплавний потік залежить від підстилаючої поверхні, сформованої у попередні періоди, як правило у рівняннях руху потоку визначається член, що враховує гідравлічний опір поверхні заплави. Опір каналу із трав'янистим покривом розглядався у роботах [2–8], де приводяться різні розрахункові залежності.

В роботі [2] запропонований метод визначення гідравлічної шорсткості заплави, покритою рослинністю, з урахуванням зміни висоти рослин під дією річкового потоку. Відношення величин характерних розмірів перешкод, обумовлених рослинністю заплавного потоку прийнято за узагальнений параметр рослинності. За характерний розмір заплавного потоку прийнято, відповідно, об'єм паралелепіпеда з основою, яка визначається за розмірами обраної площадки, покритою рослинністю, і висотою, що дорівнює глибині потоку на заплаві.

В [3-8] різними методами ураховувалися деформації рослинності. Під впливом набігаючого потоку чагарникова і трав'яна рослинність згинається, тобто відбуваються пружні деформації поперечного вигину. Ці особливості протікання потоків з рослинністю розглянуто в роботі [3]. Для кожної рослини відлічувався кут її нахилу від вертикального положення стебла у похилому й вертикальному положеннях. Таким чином, за узагальнений параметр стосовно до чагарникової, лугової й болотної рослинності, що згинається, автор [3] вважає, що повинна прийматися неповна висота рослини, з урахуванням нахилу її під дією потоку, що набігає. Запропонована у роботі [3] модель ураховує дію усередненої і пульсаційної компонент напружень, приведена ж схема дає можливість тільки у першому наближенні визначити деформації рослинності і їхній вплив на розподіл середньої швидкості, питомих витрат і всіх гідравлічних параметрів потоку. Спектр коливань поверхні визначено через спектр дотичного напруження, відповідно виражений через спектр тиску. У свою чергу, коливання поверхні рослинності вносять додатковий вклад у спектр пульсацій поздовжньої складової швидкості.

Проблема розповсюдження повені на ділянках з деревами, кущами, будівлями розглянута у роботах [6, 7]. На основі сучасних методів моделювання можна виділити один із підходів рішення цієї проблеми. Задача у вертикальній площині – представлена для широкого каналу приблизно з постійною глибиною. „Звичайний" вертикальний розподіл швидкостей розглядається лише над шаром рослинності, у шарі рослин – профіль досить

складний. Ряд експериментальних досліджень наведено у роботах [6]. Згідно постановки задачі, у роботах [6, 8] розподіл поздовжньої швидкості по вертикалі визначається з урахуванням рівномірно розподіленої сили, яка діє у шарі рослин. Однак яка-небудь аналітична апроксимація для визначення величин як загальних, так і місцевих розмивів на заплаві з урахуванням розподілу швидкості всередині шару рослин у сучасній науковій літературі поки що не запропонована.

Відповідно мета роботи полягає в аналізі процесу деформацій на заплавних ділянках в зоні впливу мостових переходів.

Фактори, що обумовлюють розвиток розмивів на заплавних ділянках кардинально відрізняються від відповідних процесів у руслах.

1. Швидкості на заплавній ділянці, а отже і потенціальна енергія потоку будуть значно меншими ніж в руслі через меншу витрату.

2. На відміну від русла, заплави мають значний рослинний покрив представлений, як правило, не річковою рослинністю, а степовою, лісовою та болотяною, що суттєво впливає на загальні швидкості потоку. Рослинність працює за принципом гасника швидкостей та зумовлює додаткову турбулентність в нижній зоні.

3. Геологічна будова русла і заплави відрізняється. Русло, як правило, представлено донними наносами різної крупнисті, що перебувають в стані постійної міграції (процес розмивання та відкладення). Заплава ж, по перше, представлена рослинним ґрунтом у верхній своїй частині, по друге, відсутність тягнених наносів, по третє, в нижній зоні велика ймовірність присутності піщаних та супіщаних ґрунтів.

4. Геометрична будова в поперечному профілі, при якій заплава знаходиться вище русла, при значному часі протікання паводку зумовлюватиме вирівнювання відміток дна русла та низу заплаві.

Процес взаємодії заплави з руслом під час паводку має досить складний характер. В результаті цієї взаємодії можна спостерігати як відбувається утворення нових заплав за рахунок звуження русла (відкладення донних наносів, замулення) та в подальшому заростання його рослинністю, так і розширення русла за рахунок розмиву заплави. Для гідротехнічних споруд, зокрема мостових переходів, небезпечними являються саме ерозійні процеси.

Трав’янистий покрив добре захищає ложе й укоси каналів від розмиву, дозволяє підвищити нерозмивні швидкості у каналі, може служити дешевим екологічним кріпленням укосів гідротехнічних споруд. На поверхні заплав також виявляються крупні фракції у вигляді окремих невеликих скупчень в тих

місцях, де під час повені виникають місцеві значні швидкості течії. Але переважна маса донних наносів виявляється похованою під товщею намулку, дрібних фракцій, які були занесені на заплаву у паводок в зваженому стані. Цей намулок слід розглядати як одну з форм акумуляції зважених наносів, які з часом знов прийдуть у рух в результаті підмиву заплавного уступу при планових переміщеннях русла. Проте період стану спокою цих відкладень такий великий, що може виявитися сумірним з термінами, характерними для природних незворотних деформацій.

При розмиві глибина, а отже, і площа поперечного перетину потоку зростатимуть, і швидкість течії зменшиться. Розмив припиниться після того, як швидкість течії, що знижується по мірі розмиву, дорівнюватиме нерозмивній, і рух частинок ґрунту не відбуватиметься. У разі невеликого стиснення потоку, при споруді мостового переходу, швидкість течії на заплавній ділянці отвору мосту зростатиме також повільно і може не перевищувати нерозмивну; у цих випадках розмив заплавної ділянки відбуватися не буде.

Загалом же процес розмиву заплави можна поділити на три періоди:

1. Початковий період котрий характеризується затопленням заплави водою, та відсутністю ерозії. На цьому етапі заплава затоплюється водою, але за рахунок сил тертя що зумовлені віддаленістю від русла, та впливом рослинності, швидкість потоку на цій ділянці буде меншою ніж в руслі. Крім того уповільнюватиметься швидкість у самому руслі. Явище уповільнення швидкості в руслі при потраплянні потоку на заплаву, що призводить до зменшення пропускної здатності називають кінематичним ефектом [9] (рис. 1).

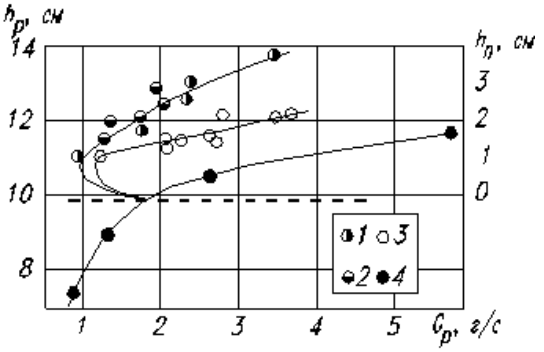

Рис.1. Графік залежності витрати наносів в руслі від ступеня затоплення заплави [9].

Деформації мікроформ, мезоформ та макроформ відображають всю повноту твердого стоку, але у формуванні заплав переважна роль переходе до зважених наносів. Під час повеней на затоплених заплавах зважені наноси осідають у вигляді шаруватого намулку, багаторічне наростання якого утворює основну заплавну фацію. Наноси, що з часом осіли тут, повертаються назад у річку у

результаті підвищення рівня води або руйнування річкою берегового заплавного уступу при планових переміщеннях русла. Обмін наносами між заплавою і руслом може бути урівноваженим, і тоді всі деформації повинні розглядатися як зворотні, і вся система русло — заплава знаходиться у стані динамічної рівноваги. Проте провести на заплаві межу між зворотними і незворотними деформаціями важче, ніж у руслі. У сильно розвинених заплавах період повного обміну наносами між заплавою і руслом виявляється за тривалістю сумірним з термінами, протягом яких можуть істотно змінюватися природні чинники, що визначають русловий процес. Тоді на заплаві можуть виявлятися елементи, не відповідні сучасному режиму річки. Такі елементи розглядаються як успадковані. Іноді вся заплава представляється успадкованою, і лише частина її зберігає активність.

Заплавний потік, як і русловий, є гетерогенним, насиченим зависсю, що за рахунок гасіння швидкості потоку буде осідати на дні. Цей період триватиме порівняно недовго, тому що швидкість буде наростати, а рослинний ґрунт не має достатньо механічних властивостей щоб опиратися деструктивним процесам.

2. Другий період характерний початком розмивних процесів. Середня швидкість потоку вже достатня для того, щоб розмивати рослинний шар та вимивати рослини. Хоча рослинність продовжуватиме працювати як гасник, та зменшуватиме швидкість потоку, ґрунт вимиватиметься і опір зменшуватиметься. Тривалість цього періоду буде залежати від типу рослинності, темпів наростання швидкості та структури самого ґрунту.

3. Третій період характеризуватиметься різким збільшенням середньої швидкості у зв’язку з повним розмивом верхнього шару з рослинністю. Нижні шари опиняться оголеними, розмив буде тривати інтенсивніше, швидкість наростатиме. Кінець цього періоду буде ознаменований злиттям русла з заплавою. Тривалість цього періоду залежатиме від структури та шарів ґрунтового масиву заплави.

Схематично графік зміни швидкостей, та глибини розмиву під час цих періодів можна представити на рис. 2.

Розмивні процеси можуть зупинитися під час будь якого з цих трьох етапів, якщо паводок почне спадати. Але певні зміни в структурі заплавної ділянки все одно матимуть місце.

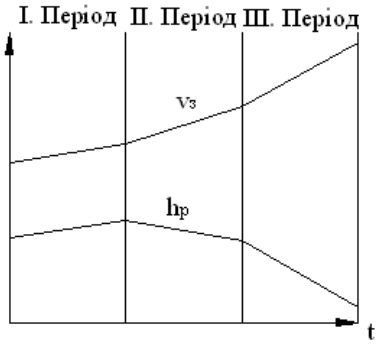

Рис. 2. Залежність $v_з$ та $h_р$ від часу t, де $v_з$ – швидкість на заплаві, $h_р$ – глибина розмиву, t – час.

Висновки

Геоморфометрія заплавних ділянок характеризується наявністю значної рослинності, намулків від попередніх повенів та паводків і обумовлює генетичну несхожість з руслами. Для заплавних ділянок не запропоновано математичних моделей, які дозволяють враховувати особливості цих ділянок, стосовно розподілу рослинності та намулу. Існуючі моделі дають можливість визначити розподіл середньої по вертикалі швидкості над шаром рослинності однорідних потоків з урахуванням коефіцієнта гідравлічної шорсткості, що в кінцевому результаті не дозволяє визначити реальний розподіл швидкісної структури та деформацій на заплавах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методика прогнозування розвитку загальних руслових деформацій біля струмененапрямних дамб мостових переходів та рекомендацій по усуненню цих деформацій (МРР 218–02070915–410–2004) / розроб. *В.Я. Савенко, О.С. Славінська, О.Є. Щодро* – К.: УКРАВТОДОР: НТУ, 2004. – 27 с.

2. *Лятхер В.М., Гурин И.Н.* Гидравлические характеристики потоков над поверхностью, покрытой травянистой растительностью // Водные ресурсы №3. – 1978. – С. 159 – 168.

3. *Менжулин Г.В.* Об аеродинамических параметрах растительного покрова. – Тр.ГГО. 1972. - Вып. 282. – С. 133-143.

4. *Марунич С. В.* Характеристики турбулентности в условиях леса по градиентным и структурным наблюдениям. - Тр. ГГИ. – 1971. – Вып. 198. - С. 154-165.

5. *Менжулин Г.В.* К методике расчета метеорологического режима в растительном сообществе. - Метеорология и гидрология. – 1970. – №2. - С. 92-99.

6. *Дубов А.С., Быкова Л.П., Марунич С.В.* Турбулентность в растительном покрове. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. - 183 с.

7. *Kadlec R. H.* Overland flow in wetlands: vegetation resistance // Journal of Hidraulic engineering. – Vol. 116 - NO. 5. - 1990. - P. 691 – 706.

8. *Симонов В.В.* Модель приповерхностного турбулентного потока при наличии проницаемых препятствий // Физика пограничного слоя. - Труды ГГО. – 1984, вып.483. С. 22-35.

9. *Железняков Г.В.* Пропускная способность русел, каналов и рек. - Л.: Гидрометеоиздат, 1981, - 311с.