

**Ободовський О.Г., Онищук В.В.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

**Корнєєв В.М., Тітов К.С.**

*Центральний науково-дослідний інститут комплексного використання водних ресурсів, м. Мінськ, Республіка Білорусь*

## **РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ПРОТИПАВОДКОВИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАДАМБОВОГО ПРОСТОРУ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ВОДОЗБОРАХ МАЛИХ ГІРСЬКИХ ВОДОТОКІВ**

**Ключові слова:** *малі гірські водотоки, задамбовий простір, стік води і наносів дощових паводків, протипаводкові заходи, управлінські рішення*

**Актуальність проблеми.** В гірських районах на ділянках річок з урбанізованою заплавною територією, де має місце обвалування русло-заплавного комплексу основних річок, виникають проблеми стосовно безпечного проходження паводків на малих водотоках. Ці проблеми у першу чергу пов'язані з паводковим режимом на цих річках та режимом експлуатації водопропускних споруд на дамбах обвалування. Саме така ситуація склалась на водозборі східної частини смт Великий Бичків Рахівського району Закарпатської області. Виконаний комплекс протипаводкових заходів на р. Тиса у період з 2006 до 2009 рр. не забезпечив не забезпечив у повній мірі захист від підтоплення східної частини території населеного пункту. Справа у тому, що при проходженні високих паводків на Тисі, в умовах закритого шлюза-регулятора на дамбі обвалування, повністю перекривається самопливний скид паводкових вод із задамбового простору. Така руслова ситуація є не поодиноким в гірських районах, і вона, як правило, вимагає розроблення і впровадження відповідних протипаводкових заходів.

**Склад робіт і методика досліджень.** З метою вивчення фактичних причин підтоплення адміністративних та житлових будинків східної частини смт Великий Бичків виконані наступні види робіт: виконані польові дослідження басейну водотоку по вулиці Духновича і водотоку Млинівка; зібрано архівні матеріали щодо фактів підтоплення цього села місцевим стоком; проведено аналіз та розрахунок формування місцевого стоку: досліджено частоту накладання піків проходження паводків на річці Тиса та водотоку по вул. Духновича, а також дана оцінка режиму транспортування наносів малих водотоків. Польові дослідження виконані в рамках комплексної оцінки гідроморфологічного стану досліджуваних водотоків (геодезична зйомка русло-заплавного комплексу, оцінка руслового алювію тощо).

**Аналіз попередніх досліджень.** У державних нормативних документах, а також в літературних джерелах відсутні чіткі рекомендації стосовно раціонального протипаводкового захисту урбанізованих задамбових територій на водозборах малих водотоків. Що стосується вивчення гідрологічного режиму малих водотоків, то відносно них можна лише скористатись рядом існуючих методик розрахунку стоку води для малих водозборів.

**Виклад основного матеріалу.** На основі аналізу цифрових моделей карт місцевості досліджуваного водозбору і гідрологічних характеристик стоку дощових паводків та весняного водопілля встановлено, що детальну оцінку стоку водотоків Млинівка і по вул. Духновича необхідно виконувати окремо. Це пов'язано в першу чергу з тим, що основні характеристики їх водозборів і концентрації схилового стоку в їх руслах різко відрізняються між собою. Водотік по вул. Духновича має поздовжній похил русла рівний 94,8‰ при середньому похилі його водозбору 103,2‰, а водотік Млинівка має відповідно – 1,5‰ в місці злиття цих водотоків, а похил його водозбору 57,5‰). На рис.1 наведена окремо схема розміщення водотоку по вул. Духновича з межами водозбірної площі. У якості вихідної інформації для досліджуваної території використано лише наявні дані спостережень опадів за останні 15 років. За даними цих спостережень визначені максимальний шар опадів за цей період, який складає 213,5 мм і максимальний добовий їх шар – 70,4 мм. За цими даними для водотоку по вул. Духновича визначено шар стоку дощових паводків з ймовірністю перевищення (забезпеченістю) 1% рівний 95 мм і відповідно 50 мм за добу (при  $C_v=1,3$ ,  $C_s=2,5C_v$  і  $C_v=1,0$ ,  $C_s=2,0C_v$  ).

Оцінка максимальних витрат і об'єму стоку дощових паводків була проведена за рядом розрахункових формул (методик). Для розрахунків максимальних витрат дощових паводків використані залежності Д.Л. Соколовського [1], на основі додаткових поправок (П1-98) до СНіП 2.01.14-83 (2000) [2], з використанням регіональних методик В.І. Мокляка [ 3 ] і В.В. Вакалюка [3]. Отримані за цими залежностями максимальні витрати води дощових паводків 1% забезпеченості: для водотоку по вул. Духновича: 6,68 м<sup>3</sup>/с; 10 м<sup>3</sup>/с; 7,78 м<sup>3</sup>/с і 6,4 м<sup>3</sup>/с; для водотоку Млинівка: 0,32 м<sup>3</sup>/с; 0,35 м<sup>3</sup>/с; 0,33 м<sup>3</sup>/с і 0,30 м<sup>3</sup>/с. Максимальна витрата водотоку по вул. Духновича також була розрахована для весняного водопілля за методикою нормативного документу [3]. Ця витрата є вдвічі меншою від максимальної витрати дощових паводків ( $Q_{1\%}= 3,66$  м<sup>3</sup>/с).

Об'єми стоку дощових паводків для гирлової частини водотоку по вул. Духновича були обраховані за двома варіантами розрахункових моделей гідрографів, які наведені на рис.2. Для аномального дощового паводку при  $Q_{max1\%}=10$  м<sup>3</sup>/с отримано об'єм стоку 383,2 тис.м<sup>3</sup>.

З метою розроблення ефективних протипаводкових заходів, пов'язаних з підтопленням задамбового простору, необхідно оцінити стік наносів та запропонувати варіанти його регулювання по довжині водотоку по вул. Духновича. Оскільки для даного водозбору відсутні будь-які спостереження

стосовно стоку наносів, то можна лише користуватися існуючими регіональними емпіричними залежностями.

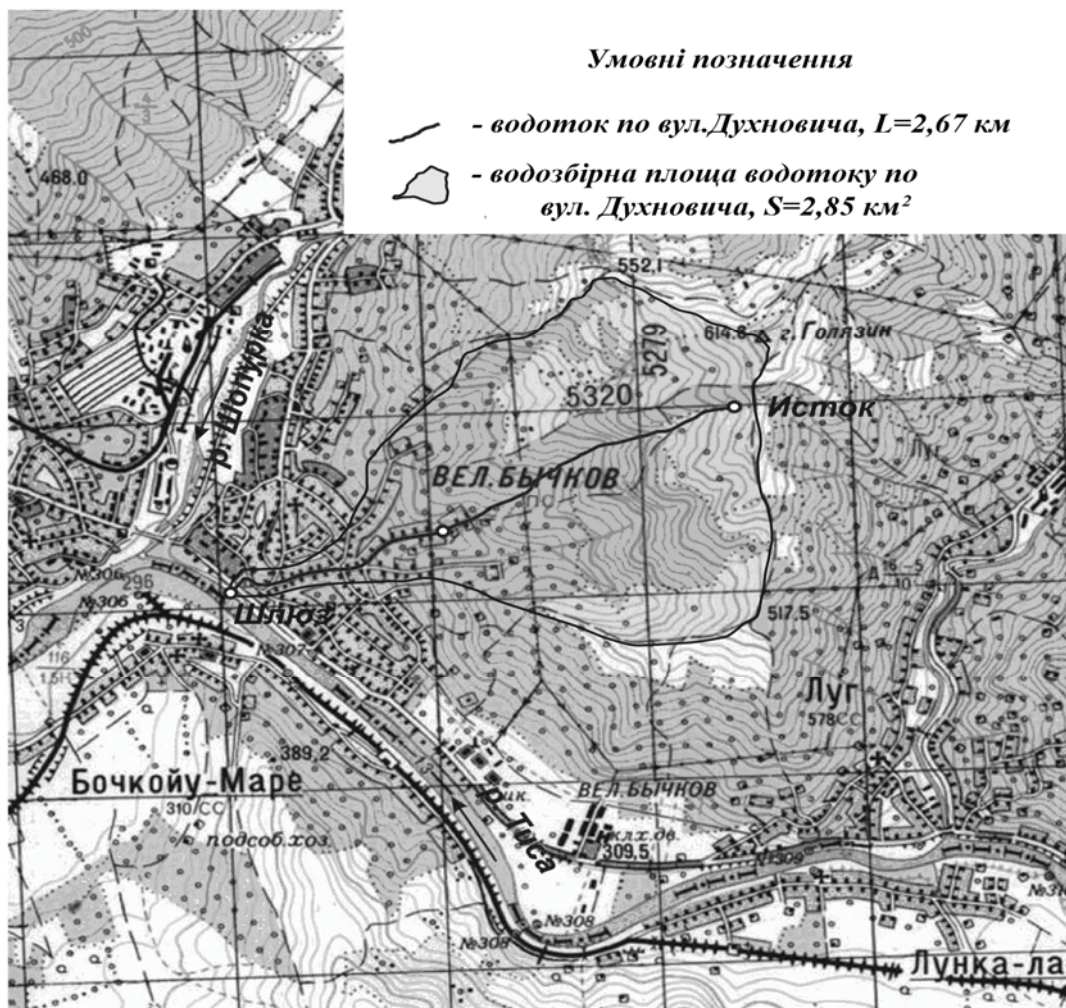


Рис.1. Карта-схема розміщення водотоку по вул. Духновича з межами його водозбірної площі

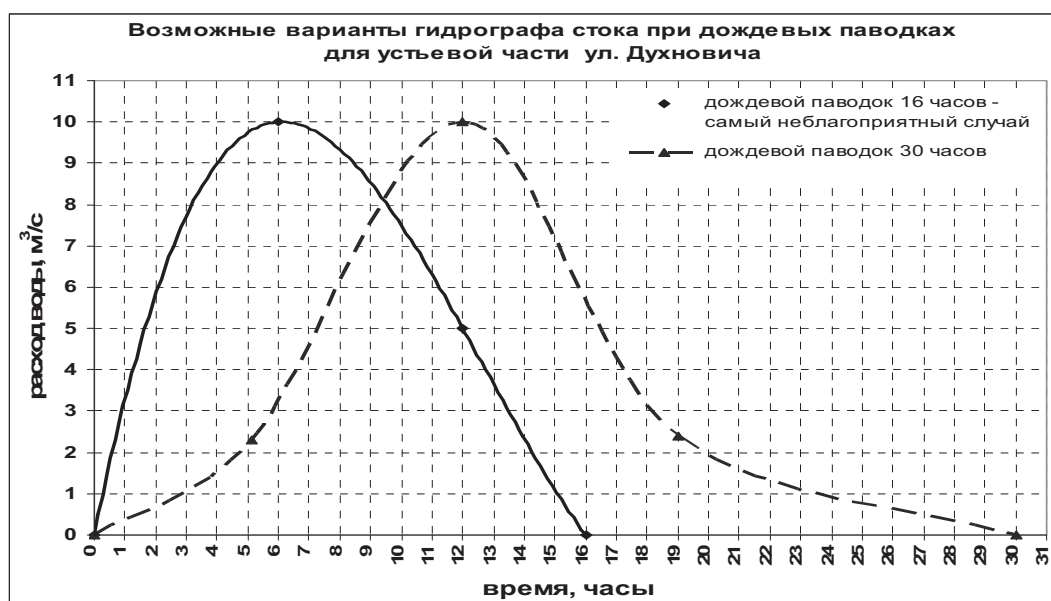


Рис. 2. Модельні варіанти гідрографу стоку при дощових паводках для гирлової частини водотоку по вул. Духновича



Для розрахунку стоку завислих наносів рекомендується формула З.А. Горещької, яка для річок басейну Тиси має наступний вигляд [6]:

$$M_{QR} = 7.17M_{Qo} + 5.21i_{сер.зв.} - 2.33\lambda_l - 0.44H + 181.3, \quad (1)$$

де  $M_{QR}$  – модуль стоку завислих наносів, т/рік з км<sup>2</sup>;  $M_{Qo}$  – середній багаторічний модуль стоку води, л/с з км<sup>2</sup>;  $i_{сер.зв.}$  – середньозважений поздовжній похил річкової мережі від витoku до розрахункового створу;  $\lambda_l$  – коефіцієнт залісеності водозбору, %;  $H$  – висота пункту спостереження, м Бс.

За цією формулою отримано величину  $M_{QR} = 171$  т/рік з км<sup>2</sup> (при  $M_{Qo} = 17.5$  л/с з км<sup>2</sup>;  $i_{сер.зв.} = 0.13$ ;  $\lambda_l = 0.15$  і  $H = 310$  м Бс. Таким чином для водозбору даного водотоку при  $F = 2.85$  км<sup>2</sup> об'єм стоку завислих наносів складає  $W_R = 487.35$  т/рік або при об'ємній щільності руслових відкладів  $1700$  кг/м<sup>3</sup> дорівнює  $287$  м<sup>3</sup>/рік.

Витрату донних рухомих наносів при відомій величині витрати завислих наносів (обрахованій за даними об'єму стоку завислих наносів за рік  $G_R = W_R/T = 0.0154$  кг/с) можна обчислити за допомогою емпіричної залежності для регіону Українських Карпат, яка для висот  $H = 360-370$  м має наступний вигляд [7]:

$$G_{д.р} / G_R^{0.87} = 1.58 (Q_o / I_o^{0.5})^{0.48} (F / \lambda_l)^{-0.28}, \quad (2)$$

де  $Q_o$  – середня багаторічна витрата води в розрахунковому створі, м<sup>3</sup>/с;  $I_o$  – середньозважений гідравлічний похил водотоку від витoku до розрахункового створу, в ‰.

За результатами розрахунків отримано:  $G_{д.р} = 0.0014$  кг/с і середній стік за рік  $W_{д.р} = 44.315$  т/рік або при об'ємній щільності руслових відкладів  $1900$  кг/м<sup>3</sup> становить  $23.3$  м<sup>3</sup>/рік.

При проходженні руслоформуєчих витрат водотоку по вул. Духновича витрату донних рухомих наносів для даного розрахункового створу можна визначити за формулою [8]:

$$G_{д.р} = q_{д.р} B_{рф} = k \frac{\sigma_n V B_{рф}}{g^{0.5}} dc_{зв}^{0.5} \left( \frac{V}{0.7V_{н.н}} \right)^3 \cdot (V - 0.7V_{н.н}) \left( \frac{dc_{зв}}{h_{рф}} \right)^{1/m}, \quad (3)$$

де  $V_{д.р.}$  – середня швидкість русло формуючого потоку при динамічній рівновазі системи «потік - русло», м/с;  $V_{н.н}$  – середня допустима (нерозмивна) швидкість руслового потоку при проходженні руслоформуєчих витрат в руслі з шаром самовимощення, яку можна визначити за співвідношенням  $V_{н.н} = 0.8 V_{д.р.}$ , м/с;  $\sigma_n$  – відносна маса наносів у водному потоці;  $k$  – коефіцієнт, який для крупноалювіальних русел дорівнює  $0.0015$ ;  $B_{рф}$  – середня ширина водотоку в межах руслових брівок, м;  $h_{рф}$  – середня глибина руслоформуєчого потоку, м;  $dc_{зв}$  – розрахункова крупність транспортувальних наносів, м;  $g$  – прискорення сили земного тяжіння, м/с<sup>2</sup>;  $m = 1.5 + 3.3 (h_{рф} / dc_{зв})^{1/6}$  – показник ступеню [8]. За цією

формулою отримано значення  $G_{d.p} = 0,0016$  т/с (1,6 кг/с). За допомогою розрахункового гідрографа паводку при максимальній витраті води  $Q_{1\%}$  визначено термін процесу активного руслоформування, який в середньому дорівнює 10 годинам. Таким чином, за цими даними об'єм стоку донних рухомих наносів за один паводок складає –  $W_{d.p} = 45\text{м}^3$ .

На основі отриманих даних гідравлічних і руслових характеристик розроблена система протипаводкових заходів, яка складається з наступних основних видів робіт: 1) розчищення верхів'я водотоків і їх приток від сміття та захаращування (по вулицях Духновича та Козацькій Верхній); 2) будівництво низької габіонної загати, розміщеної напроти будинків № 30-32; 3) будівництво уловлювача наносів вище автодорожнього мосту на перехресті вулиць Крушник та Духновича; 4) розчищення русла під мостом біля школи №1 та підняття трубчатого кабельного переходу; 5) спрямлення водотоку перед мостом по вулиці Шевченка (нижче школи №1) з кріпленням правого берега габіонною стінкою; 6) розширення руслової ємності у місці злиття водотоків по вулицях Шевченка, 33 та Притиснянській, 1; 7) розчищення русла водотоків після злиття, зокрема підмостового русла на автомобільній дорозі Ужгород-Рахів (рис.3).

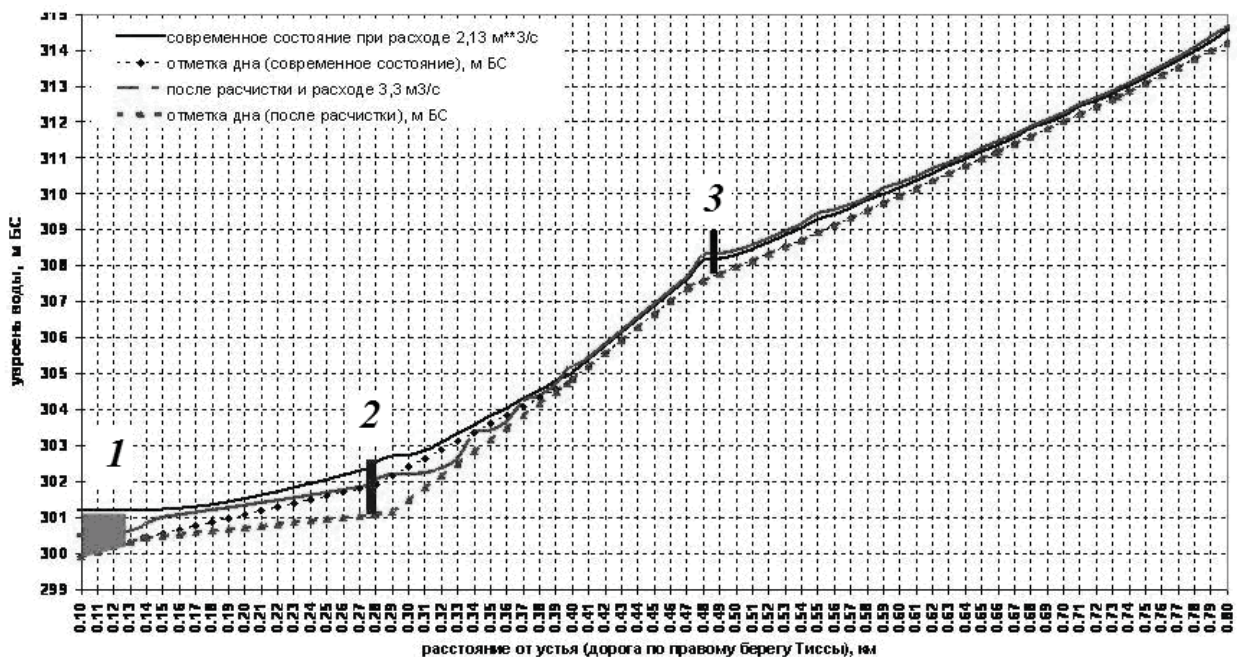


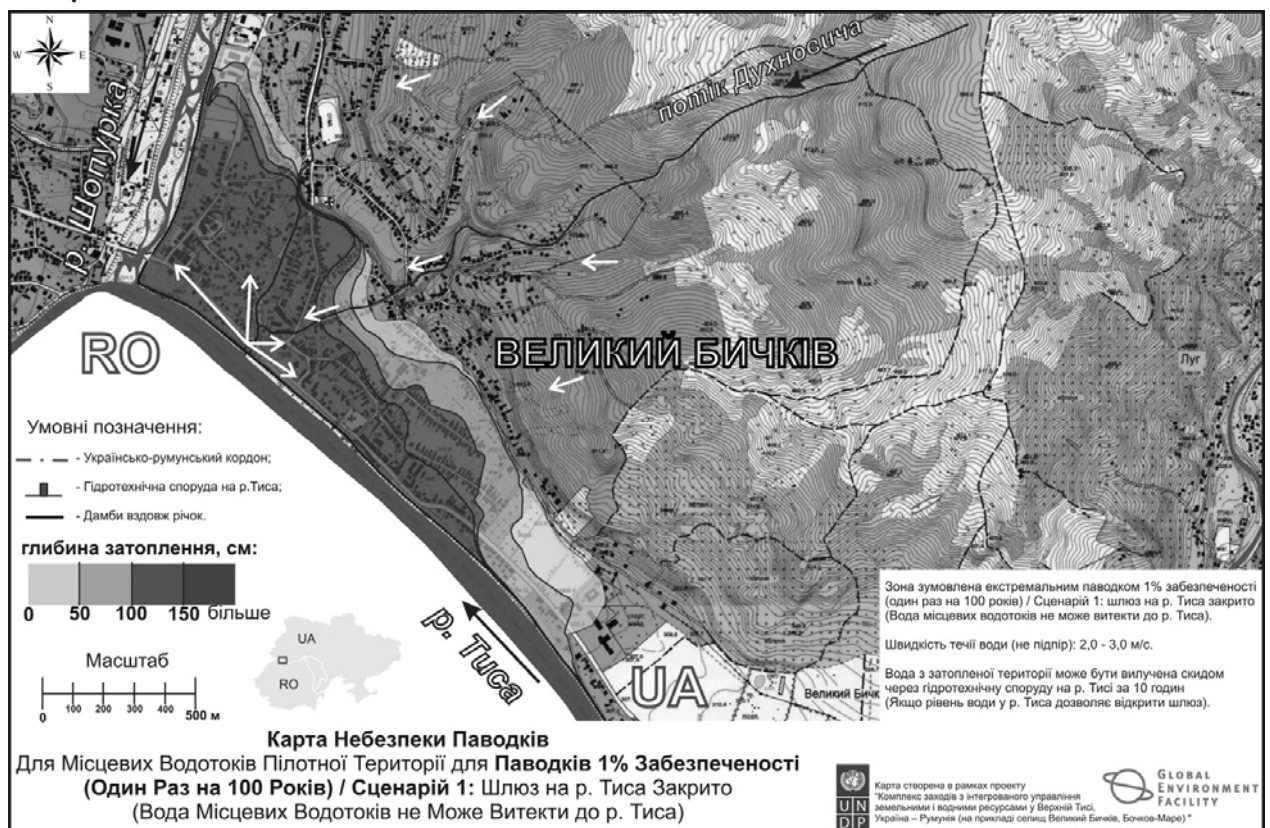
Рис. 3. Поздовжній профіль струмка по вул. Духновича з компонуванням основних інженерних споруд : 1- акумулююча ємність, 2 - уловлювач наносів, 3 - габіонна заграда

При реалізації даних видів робіт пропускну здатність руслової мережі можна дещо підвищити. Розрахунки на математичні моделі, оснований на розв'язуванні системи рівнянь Сен-Венана (у тримірній постановці), дали можливість встановити пропускну здатність русла з витратою води  $3,3\text{м}^3/\text{с}$ . Така пропускну здатність не вирішує повністю проблему затоплення території, оскільки паводки з вищими витратами проходять досить часто (не менше один раз на п'ять років).



З метою управління процесом проходження високих паводків для даного об'єкту запропоновано механічне відкачування паводкових вод двома насосами з потужністю по  $0,5\text{ м}^3/\text{с}$ . Для забезпечення необхідного часу реагування на форс-мажорні ситуації рекомендується влаштування акумулятивної руслової ємності в місці злиття водотоків. В залежності від об'єму цієї ємності маємо наступні часові показники: при  $200\text{ м}^3$  - 3хв (існуючий стан руслової мережі); при  $400\text{ м}^3$  - 8-10хв і при  $1500\text{ м}^3$  - 15-20хв. Останній варіант дає можливість вчасно організувати процес відкачування паводкових вод.

На рис.4 наведено карту з зоною затоплення території села при проходженні катастрофічного паводку з витратою  $Q_{1\%}$ . Наведена ситуація може спостерігатися один раз на сто років при закритому шлюзі-регуляторі і відсутності механічного відкачування води. При проходженні такого паводку в умовах відкритого шлюза-регулятора тимчасове затоплення нижньої частини населеного пункту не перевищує 1,5м. Стосовно заходів з регулювання стоку наносів на водотоці по вул. Духновича необхідно відмітити наступне: влаштування загати висотою 0,7м надасть можливість заакумулювати крупнозернистий алювій від проходження не менше ніж шести катастрофічних паводків з витратою  $Q_{1\%}$ . ( $\approx 21\text{ м}^3$ ) або більше трьох середньорічних об'ємів; уловлювач наносів може затримати транспортувальні наноси від проходження одного паводку з ймовірністю перевищення 1% ( $\approx 40\text{ м}^3$ )



**Рис.4. Зона затоплення території східної частини смт Великий Бичків при проходженні паводка з витратою води і наносів 1% ймовірності перевищення.**

При оперативному відкачуванні води двома насосами з загальною потужністю один кубічний метр, затоплення даної території можна суттєво зменшити (глибину затоплення зменшити на 0,5м на піку паводка).

**Висновки.** Підводячи підсумки стосовно аналізу техніко-економічної ефективності запропонованого комплексу до реалізації інженерних протипаводкових заходів слід відмітити наступне:

1. Вилучення із списку запропонованого комплексу робіт будівництва габіонної загати (з урахуванням зауважень громадських слухань) зменшує ефективність його роботи в умовах експлуатації з частим проходженням високих паводків орієнтовно на 20–25 %.

2. Розширення руслової ємності у місці злиття струмка по вул. Духновича з Млинівкою в об'ємі 400 м<sup>3</sup> дає запас часу від 8 до 10 хв. на реагування і відповідне управління пропуском паводків у створі шлюзу-регулятора на захисній дамбі біля р. Тиса (механічне відкачування води або пропуск паводкових вод при відкритому шлюзі-регуляторі).

3. На перспективу при розширенні руслової ємності в бік лівобережної прируслової території в додатковому об'ємі 1100 м<sup>3</sup> з'явиться можливість збільшити термін реагування на загрозові прояви руслових процесів на струмках по вул. Духновича і Млинівка, а також з урахуванням паводкового режиму р. Тиса до 20хв.

4. Необхідно мати на увазі, що після реалізації запропонованих комплексів робіт не є можливим у даних умовах забудованої території повністю уникнути затоплення її нижньої частини. Це пов'язано в першу чергу з паводковим режимом на водозборі та організацією робіт стосовно механічного відкачування паводкових вод з затопленої території при закритому шлюзі-регуляторі.

#### Список літератури

1. Справочник по гиротехнике. - М. : Гидрометиздат, 1955. – 162 с. 2. СНиП 2.01.14-83 (с дополнениями П1-98,2000) Определение расчетных гидрологических характеристик. – М. : Гидрометиздат, 1986. – 32 с. 3. ВНД 33-5.5-14-03. Річки гірські. Регулювання русел та догляд. – К. : Держводгосп України, 2003. – 96 с. 4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 1. Западная Украина и Молдавия / Под ред. М.С. Каганера – Л. : Гидрометеиздат, 1964. – 884 с. 5. *Горошков И.Ф.* Гидрологические расчёты. / И.Ф.Горошков – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 432 с. 6. *Горецкая З.А.* Исследование условий формирования и разработки способов расчёта характеристик твёрдого стока на малых и средних водосборах / З.А. Горецкая // Труды IV Всесоюзного гидролог.съезда. Т.10. – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – С. 195-200. 7. *Базилевич В.А.* К вопросу заиления водохранилищ на реках Украинских Карпат / В.А.Базилевич, М.Н.Бухин, И.И.Назаров // Водные ресурсы. – 1988. – №3. – С. 83-85. 8. Рекомендации по размещению и проектированию рассеивающих выпусков сточных вод. – М. : Стройиздат, 1981. – 224 с. 9. *Гончаров В.Н.* Динамика русловых потоков. / В.Н.Гончаров – Л. : Гидрометеиздат, 1962. – 373 с.

**Розроблення комплексу протипаводкових заходів для задамбового простору урбанізованих територій на водозборах малих гірських водотоків**

*Ободовський О.Г., Онищук В.В., Корнієв В.М., Тітов К.С.*

*На основі матеріалів польових досліджень і комплексу гідрологічних розрахунків запропоновані рекомендації стосовно протиаварійного захисту заплавної території східної частини смт. Великий Бичків Рахівського району Закарпатської області.*

**Ключові слова:** *малі гірські водотоки, заварійний простір, стік води і наносів дощових аварій, протиаварійні заходи, управлінські рішення.*

**Разработка комплекса противопаводковых мероприятий для заварийного пространства урбанизированных территорий на водосборах малых горных водотоков**

**Ободовский А.Г., Онищук В.В., Корнеев В.Н., Титов К.С.**

*На основе материалов полевых исследований и комплекса гидрологических расчетов предложены рекомендации касательно противопаводковой защиты заварийной территории восточной части смт.Великий Бычков Раховского района Закарпатской области.*

**Ключевые слова:** *малые горные водотоки, заварийное пространство, сток воды и наносов дождевых аварій, противопаводковые мероприятия, управленческие решения.*

**Elaboration of flood protection measures for over levee space at urban territories within catchments area of a small mountain rivers**

**Obodovskiy O., Onyschuk V., Korneev V., Titov K.**

*Based on the field research as well as on complex of hydrological evaluations the recommendations concerning flood protection of over levee space at eastern part of settlement Velykyi Bychkiv at Rahivskiy rayon Zakarpatska oblast are proposed.*

**Keywords:** *small mountain rivers, over levee space, hydrological evaluations, flood protection.*

**Надійшла до редколегії 16.06.10**