

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551(477)

В. Шевчук, д-р геол.-мін. наук,
О. Іванік, д-р геол. наук, О. Цибульська, асп.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ СЕЛІВ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ ТА ОЦІНКА СЕЛЕНЕБЕЗПЕКИ ПРИТОКІВ РІЗНИХ ПОРЯДКІВ БАСЕЙНІВ РІЧОК МОКРЯНКА ТА БРУСТУРЯНКА

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мін. наук, проф. О.І. Лукіємком)

Визначено та проаналізовано основні види негативного впливу селевих потоків на функціонування природно-техногенних систем. Схарактеризовано геолого-геоморфологічну будову басейнів річок Мокрянка та Брустуриянка з точки зору селенебезпеки. Наведено результати моделювання динамічного впливу селів, що виникають по притоках різних порядків на інженерні споруди. Описано алгоритм та створений на його основі програмний модуль "Mudflows", який було використано для розрахунку. Проаналізовано вплив зволоженості ґрунтів та густини потоку на гідродинамічну силу та повний тиск.

Вступ. Карпатський регіон характеризується гетерогенною геологічною будовою, що обумовлює виникнення відмінностей в особливостях протікання, інтенсивності та екстенсивності прояву селевих процесів. Аналіз останніх досліджень та публікацій, а також проведення польових досліджень у межах Закарпатської області підтверджує істотний вплив селевих потоків на руйнування населених пунктів, сільськогосподарських об'єктів, залізниць, автошляхів тощо. Занесення долин річок селевим матеріалом робить їх непридатними для подальшого освоєння. Досліджуваний регіон характеризується значною привабливаністю з рекреаційної точки зору. У його межах знаходиться велика кількість джерел мінеральних вод, наявність яких послугувала базою для побудови багатьох оздоровчих закладів, мережа яких з кожним роком розширюється. У зв'язку з цим виникнення будь-яких катастрофічних ситуацій із негативними наслідками погіршує рекреаційний потенціал цієї території і потребує обов'язкової розробки превентивних заходів щодо унеможливлення катастрофічного прояву небезпечних геологічних процесів. За даними Державної служби геології та надр України селеві потоки в Карпатах розвиваються на 70% гірських водозборів. Міністерство з питань надзвичайних ситуацій зазначає, що тільки впродовж останніх років в Україні виникла значна кількість надзвичайних ситуацій природного характеру, де геологічні чинники були визначальними. Для мінімізації економічних збитків, пов'язаних із небезпечними селевими процесами нагальною є необхідність розробки заходів протидії селям для басейнів з різною геолого-геоморфологічною будовою.

Постановка завдання. Важливими завданнями є: визначення критичних параметрів селевих потоків, що впливають на їх силові ефекти в басейнах річок Мокрянка та Брустуриянка (басейн р. Тиса); аналіз селенебезпеки притоків різних порядків; оцінка негативного впливу селів на функціонування природно-техногенних систем для складчастих Карпат вцілому. Вибір модельного полігону обґрунтований активним селевим режимом, що притаманний притокам різних порядків річок Мокрянка та Брустуриянка. У всіх цих ділянках у різні періоди відбулося катастрофічне сходження селевих потоків. Ця територія є досить густо заселеною. На сільську забудову мають вихід гирла струмків, що впадають у р. Брустуриянку (с. Лопухів), лівобережні притоки р. Мокрянка в межах селищ Руська та Німецька Мокра. По долині р. Мокрянка до гирла струмка Прислоп і далі за західну межу вивченої території прокладено газопровід "Союз".

Характеристика об'єкта досліджень. Басейни річок Мокрянка та Брустуриянка, в межах яких проводи-

лись польові дослідження, мають досить складну геологічну будову та сприятливі умови для формування селевих потоків. Довжина струмків на ділянках детальних досліджень коливається від 800 м до 6000 м і більше. Чим менша довжина струмків, тим простіша його будова. Більш протяжні струмки мають деревовидний рисунок в плані, з багатьма бічними притоками, а більш короткі мають прямолінійний характер у вигляді ущелини на схилі, причому в меженний період вони, як правило, безводні, тобто поверхневий, русловий стік по них припиняється. Всі струмки мають значний нахил русла від витoku до гирла. Так, наприклад, струмок Нижній Плаїк при довжині 1300 м має перевищення 500 м, що складає 10 м на 100 м або 21°. У більш протяжних струмках з розробленою долиною нахил русла в нижній течії значно менший, але в верхів'ях приблизно такий же самий. Профіль долин струмків V-подібний, рідше коритоподібний. Ширина днища у струмків з коритоподібним профілем долини коливається від 3–5 м до 10–20 м. Потужність алювіальних відкладів сягає від 0,2–0,3 м до 1–4 м. Тераси, як правило, відсутні. Ширина днища русла або долини струмка безпосередньо пов'язана з літологією порід по яких протікає струмок. Якщо потік перетинає пласти пісковиків – долина приймає прямокутну форму з практично вертикальними обривистими бортами. Якщо струмок протікає в аргілітах, алевролітах – долина розширюється, кількість уламкового матеріалу у долині зростає [2].

Прояв та постійне оновлення селевих потоків в межах описаних територій дозволяє використовувати їх як ілюстративні об'єкти для детальних досліджень та збору інформації, визначення емпіричних залежностей при дії селевих потоків та їх наступного використання у режимі ситуативного та прогнозного моделювання [1].

Викладення основного матеріалу. Виникаючи у басейнах гірських річок селеві потоки завдають значної шкоди. Виділено два принципово різні **види негативного впливу селів [4]:**

1) *Динамічний вплив*, що полягає у руйнуванні чи пошкодженні інженерних споруд, що розташовані у зоні транзиту чи акумуляції селевого потоку. Селі, що несуть загрозу руйнування різноманітних об'єктів виникають переважно по притоках, що характеризуються незначною довжиною, прямим руслом та значним ухилом русла. У басейні р. Тиса це притоки 4-го і вище порядків, що характеризуються відповідними параметрами (результати оцінки динамічного впливу селів наводяться нижче) (рис. 1, а).

2) *Занесення територій селевими тілами* – відбувається у басейнах річок, притоки яких характеризу-

ються активним селевим режимом. Так, наприклад, р. Тересва не є селенебезпечною. Проте її притоки 2-го і вище порядків є селеактивними та постачають матеріал селевого походження (селеві тіла) у русло основної водотоки. Відбувається транспортування алювію селевого походження (селевих тіл) вниз за течією. У місцях де долина річки виположується і подальше перенесення твердого матеріалу стає неможливим відбувається накопичення селевих відкладів. Долина річки поступово заноситься уламковим матеріалом, що робить її непридатною для народногосподарського використання. Необхідно зауважити наступне: старі поліфазні селеві ті-

ла, що вистеляють гирла струмків і долини річок Мокрянка та Брустуранка, по площі і потужності значно перевищують сучасні (свіжі). Потужність пролювіальних та селевих відкладів в гирлах деяких струмків сягає 10–15 м, площа, яку займають селеві тіла сягає кількох гектарів [2]. Процес занесення територій селевим матеріалом є досить тривалим, проте, враховуючи природно-рекреаційні ресурси Карпат, сумарно наносить більше збитків, ніж перший. Таким чином, селеві потоки, розвантаження яких не несе загрози динамічного характеру, сумарно приносять не менше шкоди ніж ті, що можуть мати значний силовий вплив (рис. 1, б).



Рис. 1. Наслідки негативного впливу селевих потоків: а) динамічний вплив (пошкодження житлових споруд у долині р. Яблуниця) [2]; б) занесення долини р. Тересва селевими тілами

Аналіз селенебезпеки притоків різних порядків за результатами моделювання. Для визначення динамічного впливу селевих потоків на інженерні споруди необхідним є моделювання та використання програмних модулів. Вчені різних країн світу використовують різні підходи у моделюванні та прогнозі впливу селів. Малет та ін для моделювання використовували програмні продукти Cemagref 1-D, BING (для досліджень однофазного селевого потоку), Віцент Медіна та ін. використали двовимірний програмний продукт FLATModel для моделювання грязь-камяного потоку на Іберійському півострові. У США досить відомою є модель О'Браяна, який на основі квадратного рівняння реологічної моделі створив двовимірну модель руху потоку FLO-2D для моделювання різних типів селів (від "floods" до "debris flows"). Більше тридцяти селевих процесів було виявлено завдяки використанню цієї моделі. Цей же програмний продукт був використаний у роботах деяких італійських вчених.

Авторами статті, а також М.В. Лавренюком, В.І. Лавренюком, проводилась розробка методології та системи заходів спрямованих на прогнозування селевих явищ на прикладі басейну р. Абранка Карпатського регіону України. Результатом досліджень стала розробка геологічної моделі селевого процесу та алгоритму оцінки селенебезпеки, що базується на емпіричних даних по Карпатському регіону та фундаментальних законах гідродинаміки. Він демонструє необхідність вибору розрахункових формул та величин, визначення яких є можливим у конкретних ситуаціях та відповідних геолого-геоморфологічних умовах [6].

Нижче наведемо основні формули, що були покладені в основу алгоритму для визначення необхідних параметрів селевих потоків [6]. Для визначення повного тиску, що діє на споруду використано формулу І.І. Херхеулідзе:

$$P_{\text{повний}} = 0,1 \gamma_c (5H_0 + v_c^2), \quad (1)$$

де $P_{\text{повний}} \left[\frac{\text{т}}{\text{м}^2} \right]$ – повний тиск; $\gamma_c \left[\frac{\text{т}}{\text{м}^3} \right]$ – середня густина (питома вага) селевого потоку; $H_0 \left[\text{м} \right]$ – глибина селевого потоку; $v_c \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$ – швидкість селевого потоку.

Для прогнозних розрахунків повного стоку використана формула Н.Є. Долгова:

$$Q_{\text{max}} = k_p a \alpha F, \quad (2)$$

де k_p – коефіцієнт розмірності; a – середня інтенсивність зливи; α – коефіцієнт стоку; F – площа басейну.

Інтенсивність зливи розраховується за формулою:

$$a = \frac{c}{1 + bt}, \quad (3)$$

де b та c – параметри, що визначаються за метеорологічними даними для певного кліматичного району. Шляхом відповідної зміни параметра b можна варіювати співвідношенням розрахункової інтенсивності коротких тривалих дощів. Параметр c дозволяє враховувати більшу чи меншу інтенсивність дощів рівної тривалості. Для східноєвропейської території ця формула набуває вигляду (розрахована на основі даних багаторічних метеорологічних спостережень за 28 метеостанціями у цьому регіоні):

$$a = \frac{5}{1 + 0,06t} \quad (4)$$

Задаючи інтенсивність зливи – H_t , її тривалість у годинах – T , площу території, на яку він випав – F_v , здатність ґрунту вбирати воду – коефіцієнт α та передбачувану довжину русла для даної місцевості – L , обчислюємо швидкість та витрати селевого потоку – v_c і Q_c . З іншого боку, ці величини пов'язані із площею русла селевого потоку наступним співвідношенням:

$$Q_c = v_c \cdot S, \quad (5)$$

де S – площа поперечного перерізу русла селевого потоку.

Гідродинамічна сила, що діє на споруду, обчислюється за формулою:

$$F = P_{\text{повний}} \cdot S. \quad (6)$$

Представлений алгоритм, що базується на емпіричних даних по Карпатському регіону та фундаментальних законах гідродинаміки, демонструє необхідність вибору розрахункових формул та величин, визначення яких є можливим у конкретних ситуаціях та відповідних геолого-геоморфологічних умовах. На основі викладеного в роботі [6] алгоритму створено програмний модуль для розрахунку навантажень, що передаються на інженерну споруду під впливом зовнішнього середовища. Даний модуль дозволяє проводити моделювання впливу селевих потоків, сформованих у межах Карпатського регіону, на техногенні об'єкти різного призначення із урахуванням параметрів як самих потоків, так і геолого-геоморфологічних і гідрометеорологічних даних [6].

Викладення результатів розрахунків. Використовуючи розрахунковий модуль проведено розрахунки селевої небезпеки у басейнах річок Брустуранка та Мокрянка, які дозволили визначити головні параметри, що впливають на гідродинамічну силу потоку та відповідно його силовий вплив на різноманітні інженерні споруди у населених пунктах Руська Мокра, Німецька Мокра, Лопухів та Яблунця. Оскільки емпірично визначене критичне значення цього параметру складає 1,9 Т, то наступні розрахунки проводились із врахуванням цього значення. На основі архівних матеріалів, польових досліджень та комп'ютерного моделювання встановлено необхідні для підрахунків параметри. Слід зазначити, що русла річок Мокрянка та Брустуранка можуть бути селенебезпечними лише на певних відрізках, а основний негативний вплив, що вони спричиняють полягає у транспортуванні селевого матеріалу та його акумуляції у нижніх ділянках долини. Основну селенебезпеку несуть їх притоки. Тому підрахунки силового впливу проводились для притоків річок 1-го та 2-го порядків. Слід зазначити, що довжина притоків р. Мокрянка коливалась в межах 1 500–14 000 м (ліві притоки), 850–5 000 м (праві притоки), площі водозбору змінювались від 0,55 до 55,25 км² (ліві притоки) 0,4–10,61 км² (праві притоки), досить різними були і профілі русла, що безсумнівно вплинуло на показники селенебезпеки. Для притоків 1-го порядку р. Брустуранка довжина змінювалась в межах 300–6 000 м, а площа водозбору – 0,1–61,3 км². Притоки 2-го порядку характеризуються меншими значеннями: довжина – 347–3900 м, площа водозбору – 0,05–2,2 км², переважають потоки з V-подібним поперечним профілем русла. У результаті використання розрахунково-аналітичного модуля "Mudflows" визначено диференційованість показників селенебезпеки річок Мокрянка та Брустуранка та їх приток у залежності від морфометричних параметрів русел селевих потоків, літологічних та фізико-механічних характеристик потенційних селевих мас, площі водозбірного басейну та гідрометеорологічних чинників формування селю (табл. 1, 2).

Так, було проаналізовано вплив зволоженості ґрунтів на такі показники селенебезпеки, як повний тиск селевого потоку та гідродинамічну силу, що діє на споруду (табл. 1, 2). Наступні розрахунки проводились із використанням таких усереднених параметрів, при яких відбувався селевий потік: тривалість зливи 40 хв, густина потоку – 1,5 т/м³. Аналіз фактору зволоженості ґрунтів продемонстрував, що найбільші значення витрат селевих потоків та їх силового впливу характерні за умов повного зволоження ґрунтів (табл. 1). Ці особливості витрат у свою чергу обумовлені значеннями коефіцієнту стоку, який, як відомо, залежить не тільки від кількості опадів і характеру ґрунтів, але більшою

мірою від попереднього зволоження ґрунтів та від умов зволоженості території у цілому, а також від характеру рослинного покриву. Наприклад, для правих притоків р. Мокрянка показники гідродинамічної сили та тиску за поганого зволоження ґрунтів (сухі ґрунти) коливаються відповідно від 0,49 до 26,64 Т – гідродинамічна сила та 1,48–6,04 т/м² – повний тиск селевого потоку. Для пере-зволожених ґрунтів гідродинамічна сила змінюється в межах 5,77–310,89 Т, а повний тиск – 4,08–16,39 т/м². Для притоків р. Брустуранка 2-го порядку за надмірного зволоження ґрунтів гідродинамічна сила коливається в межах 0,51–47,00 Т, а повний тиск – 2,24–9,34 т/м².

Залучення натурних параметрів до розрахунків у режимі комп'ютерного моделювання дозволило визначити такий важливий параметр селевого процесу як коефіцієнту стоку, обрахунок якого у гірських районах Карпат є проблемним питанням у зв'язку із складністю ландшафтно-орografічної обстановки та зміни фізико-механічних параметрів відкладів. Обрахований таким чином коефіцієнт стоку, що визначається співвідношенням величини стоку до кількості опадів, складає 0,35. Однак слід зазначити, що цей параметр може змінюватись не тільки у залежності від вищезазначених факторів, але й впродовж певного, достатньо короткого терміну часу унаслідок зміни інтенсивності опадів, площинного схилового стоку із винесенням певної частини матеріалу зі схилу, зміни механічних властивостей відкладів тощо [6].

У басейнах обох річок для приток усіх порядків спостерігається закономірне зростання повного тиску та гідродинамічної сили зі збільшенням густини потоку. Значення густини потоку, що задавалися під час обрахунків змінювались в межах 1,2–2 т/м³. Наприклад, для лівих притоків р. Брустуранка за густини потоку 1,2 т/м³ гідродинамічна сила змінюється в межах 3,80–2054,67 Т, а повний тиск від 4,53 до 28,29 т/м². За густини 2 т/м³ гідродинамічна сила змінюється від 3,91 до 2209,04 Т, а повний тиск – 6,05–41,62 т/м². Зі зростанням насиченості селевого потоку твердим матеріалом підвищуються параметри його силового впливу. Густина селевого потоку (його об'ємна вага) впливає на транспортуючу здатність потоку. Крім того, якщо сіль характеризується значною в'язкістю і густиною, він здатен транспортувати великі важкі включення значно більших розмірів і ваги, ніж водний.

Розрахунки підтверджують, що найбільш критичним параметром селевого потоку є його густина, а селевого басейну – попередня зволоженість порід, що його складають, площа водозбору, характеристики русла (профіль, довжина, ухил) та басейну потоку. Не менш важливим параметром є також інтенсивність та тривалість зливи [6].

Важливим результатом досліджень є встановлення залежностей між класифікаційними типами селевих басейнів, виділених для Карпатського регіону та показниками селенебезпеки. У межах складчастих Карпат за складністю рисунка гідрографічної сітки виділено два типи селевих басейнів: простий та складний, що, в свою чергу, поділяється на підтипи – "розгалужений" та "каскадний". У селевих басейнах простого типу селеві русла прямі, незначної довжини (500–3000 м), мають прямолінійний повздовжній профіль, V-подібний поперечний профіль. Розрахунками та емпіричними даними доведено, що басейни такого типу за необхідних гідрометеорологічних умов є сприятливим середовищем для формування селів, що матимуть високі показники силового впливу на споруди. У басейнах складного типу для формування селів значної потужності необхідною є більша кількість опадів. Якщо у нижній течії спостерігається виповнення русла, це призводить до зниження гідродинамічної сили потоку у зоні розвантаження.

Таблиця 1

Вплив зміни зволоженості ґрунтів на показники селенебезпеки для притоків 1-го порядку р. Мокрянка

№ пр.	Площа водозбору, км ²	Тип ґрунтів	Ширина селевої течії на дні, м	Перевищення, м	Довжина проекції потоку, м	Кут нахилу лівого схилу, °	Кут нахилу правого схилу, °	Швидкість течії, м/с	Глибина селевого потоку, м	Повний тиск селевого потоку, Т/м ²	Гідродинамічна сила, що діє на споруду, Т
1	10,9	Сухі	5	750	4400	67	35	6,04	0,77	6,04	26,64
1	10,9	Вологі	5	750	4400	67	35	8,26	1,71	11,51	129,83
1	10,9	перезволожені	5	750	4400	67	35	9,82	2,57	16,39	310,89
3	0,55	Сухі	3,2	500	1500	40	63	3,64	0,11	2,08	0,76
3	0,55	Вологі	3,2	500	1500	40	63	4,98	0,27	3,93	3,71
3	0,55	перезволожені	3,2	500	1500	40	63	5,93	0,44	5,60	8,88
4	4,35	Сухі	4	500	2700	50	64	4,95	0,50	4,04	8,68
4	4,35	Вологі	4	500	2700	50	64	6,77	1,15	7,73	42,47
4	4,35	перезволожені	4	500	2700	50	64	8,05	1,78	11,05	102,06

Таблиця 2

Вплив зміни густини селевого потоку на показники селенебезпеки для притоків 1-го та 2-го порядку р. Брустуриянка

№ пр.	Площа водозбору, км ²	Густина потоку т/м ³	Ширина селевої течії на дні, м	Перевищення, м	Довжина проекції потоку, м	Кут нахилу лівого схилу, °	Кут нахилу правого схилу, °	Швидкість течії, м/с	Глибина селевого потоку, м	Повний тиск селевого потоку, Т/м ²	Гідродинамічна сила, що діє на споруду, Т
Притоки 1-го порядку											
1	2,9	1,2	4,5	550	2800	40	70	7,43	1,22	7,36	49,07
1	2,9	1,5	4,5	550	2800	40	70	7,43	1,22	9,19	61,34
1	2,9	2	4,5	550	2800	40	70	7,43	1,22	12,26	81,79
2	61,3	1,2	8	900	6000	45	50	14,42	5,54	28,29	2054,67
2	61,3	1,5	8	900	6000	45	50	14,42	5,54	35,36	2568,34
2	61,3	2	8	900	6000	45	50	14,42	5,54	47,15	3424,46
4	0,1	1,2	0,6	100	300	10	36	3,87	0,28	1,96	0,87
4	0,1	1,5	0,6	100	300	10	36	3,87	0,28	2,46	1,08
4	0,1	2	0,6	100	300	10	36	3,87	0,28	3,27	1,45
Притоки 2-го порядку											
5	0,2	1,2	1	400	800	55	50	5,28	0,47	3,63	2,35
5	0,2	1,5	1	400	800	55	50	5,28	0,47	4,53	2,94
5	0,2	2	1	400	800	55	50	5,28	0,47	6,05	3,91
7	1,6	1,2	3	500	1800	35	25	7,26	0,84	6,82	25,70
7	1,6	1,5	3	500	1800	35	25	7,26	0,84	8,53	32,13
7	1,6	2	3	500	1800	35	25	7,26	0,84	11,37	42,84

Режими зростання швидкостей до критичних (селеутворюючих) рівнів у басейнах простого типу (високопорядкові притоки) із значними ухилами і порівняно вузькими долинами швидко досягаються при короткотривалих зливах і, навпаки, у басейнах складної будови (довгих потоках (річках)) із терасованими долинами досягнення критичних швидкостей можливе лише при тривалих зливах, котрі, формуючи однопікові повені на крупних річках, викликають багатопікові паводки на коротких [3, 6]. Разом з цим, у долинах різних типів швидкості стабілізуються, сягаючи певного рівня при будь-якій тривалості опадів. Якщо ж басейн відноситься до "каскадного" підтипу – рисунок гідрографічної сітки має пір'ясту будову – форма площі водозбору та режим добігання обумовлюють також високу ступінь селенебезпеки у притоках і головному руслі, але при суттєво більшій тривалості опадів. У потоках довжиною понад 5 км селенебезпечними можуть бути лише певні інтервали, хоча повені достатньо регулярні при відповідній тривалості злив.

Встановлено, що більшість селенебезпечних потоків у долинах рр. Мокрянка та Брустуриянка за необхідних умов можуть створювати значні силові ефекти, що впливають на споруди, розташовані на їх шляху. Підтвердженням цього є весняна та осіння повені відповідно 1998 та 1999 рр. У населених пунктах Німецька та Руська Мокра, Усть-Чорна та Лопухів в результаті сходження селів було приведено в непридатність та зруйновано житлові будівлі. Річковими наносами (гравій, брили тощо) захаращені присадибні ділянки та окремі

відрізки автодороги, яка крім того зазнала часткової руйнації. Пролувальним матеріалом селевих конусів виносу було частково засипано присадибні ділянки. У с. Руська Мокра селевий потік струмка Нижній Плаїк зруйнував житловий будинок, що призвело до трагічної загибелі чотирьох мешканців. У присілку Яблуниця (поздовж однойменного струмка) с. Лопухів паводком та селевими конусами виносу було зруйновано кілька сільських садиб [1].

Висновки. Таким чином, проаналізовано два види негативного впливу селів: динамічний вплив, що полягає у руйнуванні чи пошкодженні інженерних споруд, що розташовані у зоні транзиту чи акумуляції селевого потоку та занесення територій селевими тілами, яке відбувається у басейнах річок, притоки яких характеризуються активним селевим режимом. Розрахунки показників силового впливу селів на інженерні споруди продемонстрували наступні залежності з типами селевих басейнів: режими зростання швидкостей до критичних (селеутворюючих) рівнів у басейнах простого типу (високопорядкові притоки) із значними ухилами і порівняно вузькими долинами швидко досягаються при короткотривалих зливах і, навпаки, у басейнах складної будови (довгих потоках (річках)) із терасованими долинами досягнення критичних швидкостей можливе лише при тривалих зливах, котрі, формуючи однопікові повені на крупних річках, викликають багатопікові паводки на коротких; найбільш селенебезпечними є прості селеві басейни; у басейнах складного типу головне русло пе-

реважно буває селенебезпечним на певних відрізках. Встановлено, що зі зростанням густини селевого потоку збільшуються показники селенебезпеки (гідродинамічна сила та повний тиск). Теж саме спостерігається при зростанні зволоженості ґрунтів, що складають селевий басейн. Заходи протидії селям мають бути різними для різних притоків, оскільки основною загрозою, що несуть високопорядкові притоки є силовий вплив, а притоки нижчих порядків (річки) – занесення долин селевими тілами. Засобів боротьби з селями, що виникають у басейнах простого типу та несуть значну загрозу динамічного характеру практично не існує. Головними рекомендаціями протидії цим несприятливим процесам є зведення запрудних ухоплювачів у межах селенебезпечних русел, протидія ерозійним процесам на схилах потоків, посилення формуванням стежок та випасанням худоби, розчищення русел від завалів дерев та тіл зсувів, контроль за засмічуванням шляхів транспортування деревини, що зменшить вірогідність утворення загат та запрудних озер. Для зменшення площ долин, що заносяться селевими тілами та стають непридатними для

народногосподарського освоєння головним заходом є зарегулювання русел річок, що стримуватиме їх міграцію в межах долини.

Список використаних джерел

1. Гуда О.В. Порівняння факторів формування селевих процесів в басейні річки Тиса (Закарпаття) / О.В. Гуда // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2012. – Вип. 56. – С. 8–12.
2. Звіт про геологічну зйомку масштабу 1:50 000 аркушів М-34-132-Б, М-34-132-Г (Усть-Чорна) на площі 684 кв. км. Геологічна будова та корисні копалини басейнів рік Мокрянка і Молода, площа Усть-Чорна / Гречко В.П., Приходько М.Г. та ін. – Львів, 2008. – Кн. 1. – 177 с.
3. Іванік О.М. Головні особливості взаємозалежностей факторів формування селевих потоків у межах басейну р. Абранка / О.М. Іванік // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геологія. – 2008. – Вип. 43. – С. 16-19.
4. Перов В.Ф. Селеведение: Учебное пособие / В.Ф. Перов. – М.: Изд-во МГУ, 2012. – 274 с.
5. Флейшман С.М. Сели / Флейшман С.М. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 312 с.
6. Шевчук В.В. Розробка засобів комп'ютерного моделювання селової небезпеки в межах Карпатського регіону / В.В. Шевчук, О.М. Іванік, М.В. Лавренюк // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – К, 2009. – С.307-318.

Надійшла до редколегії 10.01.13

В. Шевчук, д-р геол.-мин. наук, Е. Іванік, д-р геол. наук, О. Цибульська, асп.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ СЕЛЕЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ И ОЦЕНКА СЕЛЕОПАСНОСТИ ПРИТОКОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРЯДКОВ БАСЕЙНОВ РЕК МОКРЯНКА И БРУСТУРЯНКА

Определены и проанализированы основные виды негативного воздействия селевых потоков на функционирование природно-техногенных систем. Охарактеризовано геолого-геоморфологическое строение бассейнов рек Мокрянка и Брустуриянки с точки зрения селеопасности. Приведены результаты моделирования динамического воздействия селей, возникающих по притокам различных порядков, на инженерные сооружения. Описан алгоритм и созданный на его основе программный модуль "Mudflows", который был использован для расчетов. Проанализировано влияние увлажненности почвы и плотности потока на гидродинамическую силу и полное давление.

V. Shevchuk, Dr. Sci. (Geol.-Min.), O. Ivanik, Dr. Sci. (Geol.), O. Tsybulska, PhD student
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

NEGATIVE INFLUENCE OF DEBRIS FLOWS ON THE FUNCTIONING OF NATURAL AND INDUSTRIAL SYSTEMS AND EVALUATION OF DEBRIS FLOW HAZARD OF TRIBUTARY STREAMS OF DIFFERENT ORDER WITHIN MOKRYANKA AND BRUSTURIANKA RIVER BASIN

The main types of debris flows negative influence on the functioning of natural and industrial systems were identified and analyzed. Geological and geomorphological structure of Mokryanka and Brusturianka river basins was characterized. The model results of debris flows' dynamic effects on engineering construction were reviewed. The Algorithm and created on its basis a software module "Mudflows", which was used for the calculations, were outlined. The influence of soil moisture and flux density on the hydrodynamic force and total pressure were analyzed.