

УДК 551.4

## ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ СЕЛЕВИХ ПОТОКІВ

М. Будз\*, І. Ковальчук\*\*

\**Національний університет водного господарства та природокористування,  
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна*

\*\**Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. П. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна*

Розроблено геолого-геоморфологічну класифікацію селевих потоків. Крім складу селевої маси, враховувано також складність будови рельєфу селевих русел і басейнів селевих потоків. Використання цієї класифікації дає змогу відобразити селеві потоки на інженерно-геоморфологічних картах, точніше прогнозувати виникнення селів і розробляти протиселеві заходи.

*Ключові слова:* селевий потік, геолого-геоморфологічна класифікація селів, протиселеві заходи.

Характер формування і наслідки катастрофічних повеней і паводків, що відбулися в Закарпатській обл. України в листопаді 1998 і березні 2001 рр. у басейні Дністра в липні 1997 та у 1998, 2001, 2004 рр., а також на Північному Кавказі 2002 р., засвідчив, що в басейнах середніх та великих річок під час повеней і паводків масово формувалися селеві потоки. Наприклад, в останню повінь у басейні р. Тиса зафіксовано 83 селеві потоки. Незважаючи на те, що селеві потоки вже вивчають тривалий час, багато аспектів їхнього формування та наслідків висвітлені недостатньо повно. Передусім зазначимо, що досі немає геолого-геоморфологічної класифікації селевих потоків, яка не тільки б ґрунтувалась на вивченні складу їхньої динамічної маси, а й враховувала особливості геолого-геоморфологічної будови річкових басейнів та окремих їхніх елементів, інші умови формування селів, які є головними чинниками їхнього утворення та розвитку. Сталось так, що ці аспекти селезнавства залишилися поза увагою фахівців з геології та геоморфології.

Уважали, що селі – це гідрологічне явище, тобто бурхливі грязьові або грязекам'яні потоки, що раптово виникають у руслах гірських річок унаслідок різкого підняття рівнів води, спричиненого інтенсивними зливами або бурхливим сніготаненням [3, 5]. Перенасичення цих потоків твердим матеріалом призводить до того, що вони (порівняно зі звичайними повенями і паводками) часто виповнюють головні русла, виходять за їхні межі, де через формування нових русел та відкладання їхньої твердої складової виводять з експлуатації значні площі угідь, руйнують інженерні споруди. Формування і проходження селевих потоків супроводжується виникненням низки інших геодинамічних процесів (зсувів, спливів, обвалів тощо), які ускладнюють експлуатацію інженерних споруд і часто спричинюють їхнє руйнування. Все сказане дає підстави зробити висновок, що селеві потоки потрібно вивчати не тільки з погляду їхньої динаміки і складу наносів, а й з позиції взаємодії з поверхнею, на якій вони формуються та яку видозмінюють.

Селеві потоки, як і інші катастрофічні явища природи, повторюються через певні періоди. В ХХ ст. найбільша повторюваність селевих потоків припала на 60-ті роки (катастрофічний селевий потік на р. Алмаатинка, селевий потік у Києві, серія селевих потоків у Карпатах, Гірському Криму та на Кавказі, інших гірських і передгірських регіонах).

Збільшення антропогенного впливу на природно-територіальні комплекси, що посилюється, зростання ймовірності випадання зливових атмосферних опадів, а також випадання зливових опадів на сніговий покрив під час зимових відлиг, зумовлене глобальним потеплінням, – все це разом збільшує ймовірність формування селевих потоків, що і підтвердилось повеннями 1998, 2001 і 2002 рр. у Закарпатті. Тому на цьому етапі необхідно визначити не тільки селенебезпечні річкові басейни, а також види селевих потоків, які можуть виникати на тій чи іншій території. Для цього треба розробити геолого-геоморфологічну класифікацію селевих потоків, у якій враховувати як місце, так і умови формування селів.

Сьогодні розроблено кілька десятків класифікацій селевих потоків (наприклад, [2, 3, 5, 6]), проаналізувати які в цій публікації немає змоги. Зазначимо лише, що всіх їх можна розділити на дві групи. Перша охоплює класифікації за консистенцією самого потоку. Згідно з нею селеві потоки поділяють на зв'язані (структурні) і плинні (турбулентні) або на грязьові, грязе- та водокам'яні. Друга група, численніша, об'єднує класифікації селевих басейнів, за основу виділення яких узято геоморфологічну та геологічну будову водозбору або генетичні типи відкладів, які є джерелом твердого матеріалу для селевих потоків.

Матеріали наших досліджень [1] у Карпатах, на Кавказі та в Східному Сибіру (Саяно-Байкальська гірська система), аналіз праць [2–6] дає змогу запропонувати таку геолого-геоморфологічну класифікацію селевих потоків, яка враховує: певні кліматичні умови і метеорологічні передумови їхнього формування; геоморфологічні елементи рельєфу, до яких приурочені селі; генетичні типи джерел твердої фази та їхній гранулометричний склад; характеристики самого селевого потоку (його потужність, витрату, густину, загальний об'єм та об'єм твердої фази); характер руху потоку в руслі і за його межами; характер руйнування (внаслідок ерозії та внаслідок акумуляції); взаємодію з інженерними спорудами; необхідні протисельові заходи.

З урахуванням зазначених вимог та параметрів геолого-геоморфологічної будови територій, кліматичних умов прояву та кількісних характеристик селів виділено шість типів селевих потоків: схиліві, руслові, яружно-балкових систем, високогірських областей давнього і сучасного зледеніння, сейсмічних зон, районів сучасного вулканізму. Залежно від геоморфологічних процесів, що забезпечують надходження у водні потоки наносів і зумовлюють їхній перехід від звичайних до селевих, у складі кожного типу виділяють види селевих потоків.

На території України формуються головню селеві потоки трьох перших типів: схиліві, руслові та яружно-балкових мереж. Можуть формуватися потоки, причиною виникнення яких є сейсмічні поштовхи в періоди максимального зволоження пухких схилівих відкладів, що призводить до їхнього сповзання в руслову мережу, де вони стають головним джерелом твердої фази селевого потоку. Селеві потоки місць давнього і сучасного зледеніння зароджуються у високогірних районах Альп, Кавказу, Гімалаїв та інших гір, де є значні запаси пухких льодовикових і водно-льодовикових відкладів. Селеві потоки в місцях прояву сучасного вулканізму супроводжують практично кожне виверження вулканів. Головним джерелом твердої фази в них є уламки пемзи і

попелу, а водну складову формують опади з конденсованої пари, виділеної магмою або викинутої разом з попелом безпосередньо з жерла вулкану.

Схарактеризуємо детальніше ті типи і види селевих потоків, які трапляються на території України. Передусім, це схилі селеві потоки. Особливості їхнього формування на схилах гірських хребтів і річкових долин, а також характер впливу на інженерні споруди і господарські об'єкти потребують виділення їх в окремий тип. Схилі селеві потоки поширені як у зонах достатнього і надмірного, так і в зонах недостатнього зволоження. Головним джерелом твердої фази для них є елювіально-делювіальні схилі відклади. За характером формування їх поділяють на ерозійні, снігово-лавинні та солі-флюкційні.

Ерозійні схилі селеві потоки виникають в усіх кліматичних зонах під час зливових опадів великої інтенсивності на тих ділянках схилів, де у верхніх їхніх частинах є зниження різного генезису (місця формування обвалів, зсувів, ерозійні улоговини тощо), а пухкі схилі відклади не закріплені або недостатньо закріплені рослинністю. У разі інтенсивних (часто локальних) злив у зниженнях, які є елементарними водозборами, формуються тимчасові досить потужні водні потоки, які, рухаючись униз, розмивають пухкі елювіально-делювіальні відклади і насичуються до консистенції грязекам'яних селів. Характерними особливостями таких селевих потоків є швидке нарощування їхніх витрат, збільшення густини селевого потоку до 1,4–1,5 т/м<sup>3</sup>, зростання його потужності й нетривалий час проходження. Часто вони не досягають руслової мережі, а біля підніжжя схилу утворюють різні за розміром і складом конуси винесення. Після проходження цих потоків по схилах у їхньому елювіально-делювіальному покриві залишаються глибокі промивини (часто до корінних порід). Зазначимо, що в Сибірі в 60-ті роки ХХ ст. для відкриття корінних порід на схилах геологи під час розвідувальних робіт використовували такі потоки: вони створювали в верхніх частинах схилів загати для нагромадження води, скид якої вниз по схилу призводив до формування селів, які розмивали схилі пухкі відклади до корінних порід. Коли схилі потоки досягають руслової мережі, то вони стають важливим джерелом твердого матеріалу для руслових селевих потоків.

Схилі ерозійні селеві потоки створюють небезпеку для лінійних комунікацій – залізничних та шосейних доріг, нафто- і газопроводів, які прокладені в нижніх частинах схилів або біля їхнього підніжжя. Проте головну шкоду схилі селі завдають лісовому та сільському господарству, бо на змитих схилах відновлення ґрунто-підґрунтя відбувається через сотні-тисячі років. Для запобігання виникненню схиліх селевих потоків необхідно категорично заборонити суцільне вирубування лісу і замінити його смуговим. На схилах, де суцільна вирубка вже є, потрібно вжити заходів з регулювання схилового стоку, зокрема, створити канали для перехоплення, відведення і скидання схилового стоку у безпечні місця. Оскільки останніми роками в Карпатах проведено масові вирубування лісу, а з глобальним потеплінням імовірність виникнення злив з великою інтенсивністю зростає (14 серпня 2002 р. М. Будз у Прикарпатті (Косівський р-н) зафіксував зливу з інтенсивністю випадання 3,5–3,8 мм/хв протягом 38 хв), то формування схиліх селевих потоків зростатиме.

Снігово-лавинні селеві потоки порівняно з ерозійними, мають менше поширення. І все-таки в окремі роки вони досить часті. Формуються раною весною, коли у верхніх частинах схилів наявні значні запаси снігу. Інтенсивне його танення з випаданням у цей час дощів призводить до утворення снігових лавин, які, рухаючись униз по схилах, перемішуються з водними потоками й еродують схилі відклади. В середніх і нижніх

частинах схилів вони утворюють турбулентні селеві потоки, які складаються з води, твердого матеріалу і снігу.

Солифлюкційні схилові селеві потоки в Україні не зафіксовані. Вони формуються в районах з глибоким сезонним промерзанням схилових відкладів або близьким від поверхні заляганням багаторічно мерлих порід. У разі розмерзання схилових відкладів талий шар починає рухатись униз по замерзлому у вигляді грязекам'яної маси, швидко нарощуючи потужність.

Руслові селеві потоки формуються в руслах постійних або тимчасових потоків і поширені практично в усіх кліматичних зонах. За джерелами твердої фази, її складом та розмірами площі водозбору їх поділяють на два види. Перший утворюється на великих гірських річках (часто з непостійним стоком) з площею водозбору від кількох десятків до перших сотень кілометрів квадратних з поздовжнім похилом понад 0,05. Головним джерелом твердого матеріалу тут є обвальні-делювіальні нагромадження нижніх частин схилів, а також конуси винесення схилових селевих потоків та снігових лавин. Часто такі невеликі річкові водозбори охоплені опадами зливними повністю і селеві потоки в їхніх руслах формуються одночасно зі схиловими ерозійними потоками. Конуси винесення потоків здебільшого перегороджують русло, а прорив цієї тимчасової загани надає русловим селевим потокам валоподібного руху, що значно збільшує їхню руйнівну здатність. Через те, що в конусах винесення схилових селевих потоків та делювіальних відкладах значну частину займають піщано-глинисті фракції, селеві потоки цього виду зачисляють до грязекам'яних.

Руслові селеві потоки формуються також на гірських річках з площею водозбору від кількох сотень до перших тисяч кілометрів та поздовжнім похилом 0,01–0,5. Головним джерелом твердої фази на таких ріках є алювіально-пролювіальні відклади. За гранулометричним складом це промитий валунно-гальковий матеріал русел, заплав і низьких терас, а також пролювіальні нагромадження тимчасових водотоків. Часто в живленні твердим матеріалом руслових селевих потоків беруть участь обвальні-делювіальні відклади (у тих місцях, де русло підходить безпосередньо до річкових схилів).

Процес формування руслових селевих потоків з алювіально-пролювіальних джерел їхнього живлення твердим матеріалом має свої особливості, виражені в чергуванні звичайних (деколи зі слабо вираженими рисами селевих) і селевих потоків. Звичайні потоки утворюються практично щорічно під час зливових атмосферних опадів з невеликою і середньою загальною сумою та інтенсивністю випадання. Водний потік у разі таких повеней у верхніх частинах басейну насичується твердим матеріалом, який у вигляді донних наносів переміщується в середній і нижній частині басейну. Тут унаслідок зменшення похилу русел і транспортувальної здатності потоків твердий матеріал, залежно від інтенсивності повеней, відкладається в руслах або на заплавах. Отже, у середній і нижній частинах річкових басейнів формуються значні запаси валунно-гальково-гравійно-піщаного матеріалу. Унаслідок випадання злив зі значною сумою атмосферних опадів (як звичайно, понад 50 мм за добу) та великої їхньої інтенсивності, або, як буває в Закарпатті, випадання зливових опадів на сніговий покрив утворюються потужні водні потоки, які, розмиваючи нагромаджені раніше алювіально-пролювіальні відклади, насичуються до турбулентних водокам'яних селевих потоків з густиною маси 1,1–1,15 т/м<sup>3</sup>. З'ясовано, що після звичайних повеней і дощових паводків абсолютні відмітки русел підвищуються, після проходження селевих потоків – знижуються. Головні руйнування руслові селеві потоки спричиняють у нижніх частинах річкових до-

долин та на пролювіальних конусах винесення. Тут консистенція їхньої рухомої маси часто і різко змінюється.

В окремих руслах або їхніх частинах, які через морфологічні характеристики (похил, живий переріз тощо) не забезпечують належної транспортувальної здатності селевого потоку за цієї його консистенції, виникає інтенсивна акумуляція аж до закупорювання русла. Після цього “освітлений” потік, що відрізняється високою ерозійною здатністю, виходить на заплаву або на поверхню конусу винесення, де промиває нові русла, насичуючись знову до консистенції водокам’яного селевого потоку. Такий поперемінний процес ерозії та акумуляції спричиняє головні руйнування. Наприклад, у грудні 1957 р. на р. Латориця в Закарпатті та в червні 1962 р. на р. Слюдяна в Прибайкаллі водокам’яні руслові селеві потоки, закупоривши русла, вийшли за їхні межі і в населених пунктах сконцентрувались на вулицях, що простяглися вздовж річкової долини, промивши глибокі (до 3,0 м і більше) нові русла, що спричинило руйнування значної кількості будівель.

Селенебезпечність тієї чи іншої річки з русловим типом селів визначити досить важко, якщо їх не було зафіксовано в процесі освоєння басейну. Головною ознакою можуть бути селеві відклади в окремих частинах басейну. Від алювіальних відкладів вони відрізняються випуклим поперечним профілем та наявністю на їхній поверхні поздовжніх валів, складених найбільшими фракціями.

Селеві потоки яружно-балкових систем формуються лише в разі зливових опадів з великою загальною сумою і великою інтенсивністю випадання. Головними джерелами твердого матеріалу є обвальо-зсувні нагромадження та винесення бокових ярів. В окремих випадках джерелом твердого матеріалу є безпосередні змиви з незахищених рослинністю схилів. У таких ситуаціях процес формування селевих потоків супроводжується значним зростанням як головного, так і бокових ярів, що призводить до руйнування розташованих тут інженерних об’єктів (найчастіше шосейних доріг). За консистенцією тут переважають грязьові або грязекам’яні потоки. В гирлових частинах ярів такі потоки відкладають значні об’єми твердого матеріалу, замулюючи великі площі цінних угідь.

Схарактеризована класифікація селевих потоків і селенебезпечних територій дає змогу наносити їх на інженерно-геологічні, інженерно-геоморфологічні й гідрологічні карти, позначати місця їхнього зародження і розвитку, консистенцію рухомої маси та можливі місця і види руйнування інженерних споруд, а також прогнозувати і розробляти протиселеві заходи.

1. Будз М.Д. Инженерно-геологическая характеристика селеопасных бассейнов // Инженерная геология Прибайкалья. – М.: Наука, 1968. – С. 129–136.
2. Олиферов А.Н. Селевые потоки в Крыму и Карпатах. – Симферополь: Доля, 2007. – 176 с.
3. Перов В.Ф. Селевые явления: Терминологический словарь. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1996. – 46 с.
4. Перов В.Ф. Селевые явления на территории СССР. Серия: Гидрология суши (Итоги науки и техники). – М.: ВИНТИ, 1980. – Т. 2. – С. 3–49.
5. Селі України: Праці II Укр. сільової наради. – К.: Наук. думка, 1966. – 167 с.
6. Флейшман С.М., Перов В.Ф. Сели: Учеб. пособие. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1986. – 128 с.

**GEOLOGICAL-GEOMORPHOLOGIC CLASSIFICATION OF MUDFLOWS****M. Budz<sup>\*</sup>, I. Kovalchuk<sup>\*\*</sup>**

*\*National university of water economy and nature management,  
Soborna St., 11, UA – 33028 Rivne, Ukraine*

*\*\*Ivan Franko National University of Lviv,  
P. Doroshenko St., 41, UA – 79000 Lviv, Ukraine*

Geomorphologic classification has been developed of mudflows. It takes into account besides the composition of the flow mass itself the geomorphologic structure of mudflow forming relief elements and also mudflow forming river basins. The use of such classification gives the possibility to describe such areas on engineering geological maps and to develop more reliable forecasts of their formation and to work out anti-mudflow measures.

*Key words:* mudflow, geological-geomorphologic classification of the mudflows, anti-mudflows measures.

Стаття надійшла до редколегії 25.05.2007

Прийнята до друку 20.09.2007