

О. М. Іванік

## ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ТА АКТИВІЗАЦІЇ ОСУВНИХ ПРОЦЕСІВ У МЕЖАХ НИЖНЬОЇ ТЕЧІЇ р. ЧОРНИЙ ЧЕРЕМОШ (ФЛІШЕВІ КАРПАТИ)\*

(Рекомендовано акад. НАН України П. Ф. Гожиком)

Рассмотрено влияние геологических и геоморфологических факторов в формировании водно-гравитационных процессов, оказывающих негативное воздействие на функционирование природно-техногенных транспортных систем. Показана определяющая роль формационной составляющей и вещественного состава породных комплексов, геоморфологического строения, тектонических деструктивных процессов и гидрогеологического режима в возникновении и активизации оползневых явлений в зонах транспортных магистралей. На основе детальных полевых исследований и крупномасштабного картирования в пределах нижнего течения р. Черный Черемош определен комплексный многофакторный характер образования оползней. Определенные параметры геологической среды являются составной частью моделирования влияния опасных геологических процессов на техногенные объекты.

The influence of geological and geomorphological factors on water-gravitational processes formation is confirmed. These processes have negative effect on the operation of nature-technical systems. The great role of rock formations and composition, geomorphological structure and tectonic destructive processes, and hydrogeological regime in landslide formation is defined. Developed geological model and GIS-analysis allow to allocate and classify the factors of hazardous geological processes formation. The complex multi-factor character of the landslide formation is defined on the base of the field research and the large-scale mapping in the Cherniy Cheremosh river basin. Defined parameters of the geological environment are the part of modelling of the assessment of hazardous geological processes influence on technogene objects.

### Вступ та постановка проблеми

Досвід експлуатації транспортних природно-техногенних систем у різних кліматичних зонах доводить, що здебільшого стійкість інженерних споруд, зокрема транспортних магістралей, значною мірою визначається геологічними умовами, які проявляються у розвитку несприятливих для будівництва та експлуатації споруд геологічних процесів. Одним з регіонів розвитку стихійних несприятливих явищ є Українські Карпати, де активізація небезпечних геологічних процесів та їх вплив на численні техногенні об'єкти створює низку економічних та екологічних проблем. У зв'язку з цим з'ясування природи цих явищ, комплексна оцінка чинників їх формування та встановлення просторово-часових закономірностей є нагальною проблемою, що потребує глибоких аналітичних досліджень.

Найбільш руйнівними із небезпечних геологічних явищ, що здійснюють негативний вплив на техногенні об'єкти різного

призначення, є водно-гравітаційні процеси, що проявляються у формуванні осувів у геологічно різних геологічних середовищах. Виникнення осувів різних типів являє собою досить складний та багатофакторний процес. Серед факторів формування осувів виділяються такі складові геологічного середовища: літолого-стратиграфічні характеристики породних комплексів, інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови, структурні особливості, характер рельєфу. До другої категорії факторів осувоутворення слід віднести динамічні процеси, що змінюють стан схилів — ерозійні, вивітрювання, тектонічний режим території, сейсмічність, а також техногенні впливи, здатні вплинути на стійкість схилу. Різноманітні фактори формування негативних явищ у Карпатах вивчали та аналізували як численні виробничі та наукові установи, так і окремі дослідники.

\* Пропонується вживати термін "осув" замість "зсув" у зв'язку із важливим значенням розривних порушень зсувного типу та з метою запобігання термінологічної неоднозначності.

© О. М. Іванік, 2010

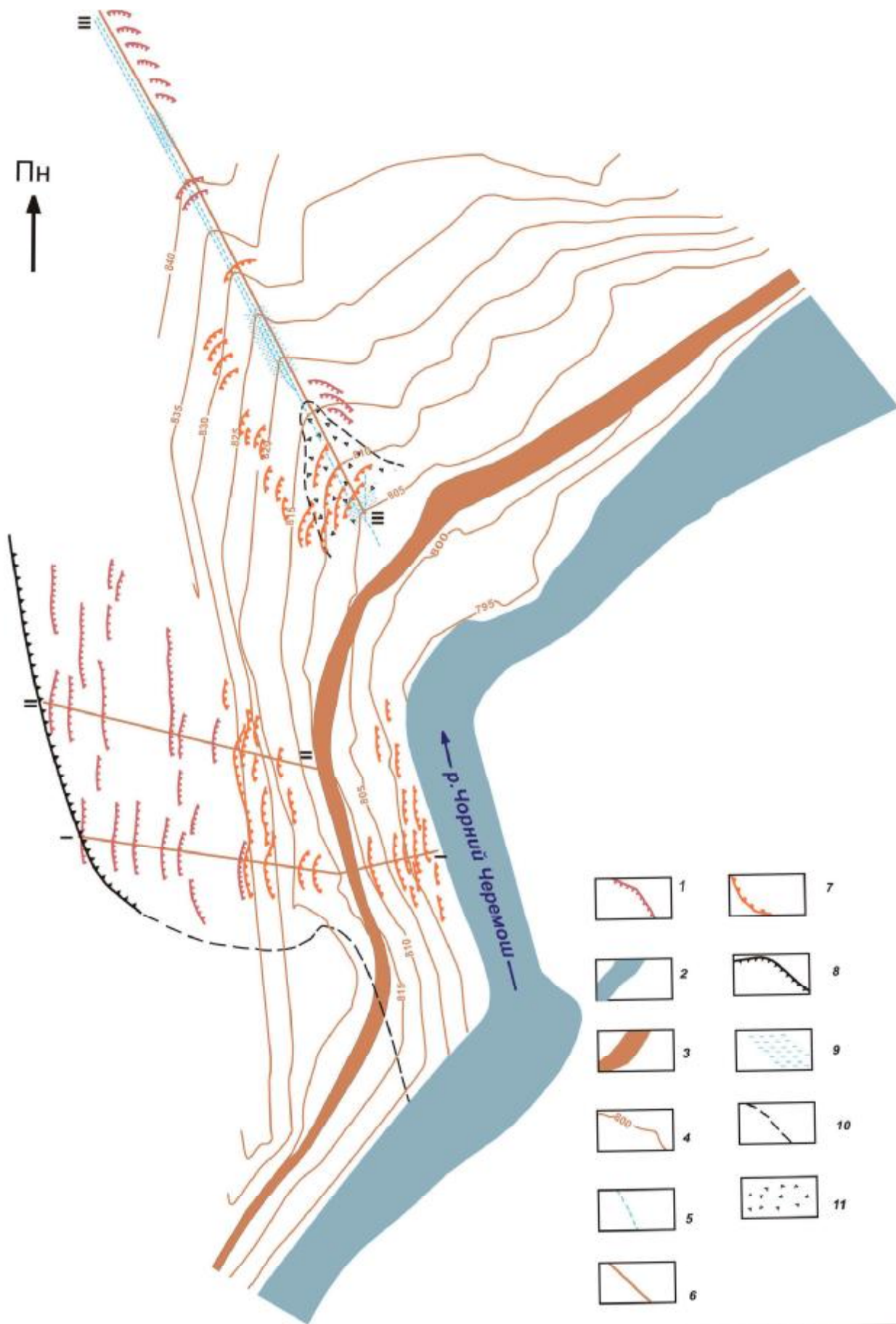


Рис. 1. Схема осувонебезпечної ділянки

1 — стінки відриву стабілізованих осувів; 2 — р. Чорний Черемош; 3 — автомобільна дорога; 4 — горизонталі; 5 — струмок; 6 — лінія геолого-геоморфологічного профілю; 7 — стінки відриву сучасних осувів; 8 — межа виходу пісковиків нижньокросненської підсвіти кросненської світи; 9 — заболочені ділянки, 10 — передбачувана межа виходу пісковиків нижньокросненської підсвіти кросненської світи; 11 — конус виносу струмка

В результаті було створено інформаційну базу з поширення цих явищ та їх характеристик [1, 2, 4, 5, 7, 11]. Однак більшість досліджень має регіональний характер, метою яких є аналіз дрібномасштабних геолого-геоморфологічних матеріалів та створення карт поширення екзогенних процесів. Проведення ж детальних великомасштабних польових досліджень у межах Карпатського регіону підтверджує пріоритетність різних чинників формування осувів у кожному конкретному випадку [8]. Це диктує необхідність поглибленого детального аналізу осувонебезпечних ділянок на локальному рівні. У зв'язку з цим метою даного дослідження є комплексний аналіз чинників формування осувів на прикладі модельної осувонебезпечної ділянки.

### **Геолого-геоморфологічна характеристика осувонебезпечної ділянки**

Район досліджень розташований у межах Складчастих Карпат, утворених карбонатно-теригенними мезозой-кайнозойськими формаціями (переважно флішевою), які складають ряд структурно-фаціальних зон. Відклади інтенсивно дислоковані та утворюють пакет покривних структур. Ділянка робіт територіально знаходиться на продовженні скиби Рожанки Славсько-Верховинської підзони Кросненської структурно-фаціальної зони в межах Скибового покриву. Загалом, Кросненська зона займає центральне положення в структурі Флішевих Карпат, її внутрішні елементи насунуті на зовнішні в північно-східному напрямку. У зв'язку із неоднозначністю трактування критеріїв виокремлення зони встановлення достеменно її меж викликає певну проблему. Однак за більшістю уявлень — це єдина структура, для якої поняття "структурна зона" і "структурно-фаціальна зона" не збігаються. Тилові скиби Скибового покриву (Рожанки і Зелем'янки), які картувались тут раніше, на їх продовженні віднесені до Кросненської зони Скибового покриву [10].

Осувонебезпечна ділянка знаходиться у межах 3200—3500 м автомобільної дороги Ільці-Буркут на південно-західній околиці с. Красник Верховинського району Івано-Франківської області. Саме у Верховинському районі склалася катастрофічна ситуація в результаті інтенсивних повеней у липні 2008 р., що призвело до негативних наслідків екологічного та економічного плану. Внаслідок цих явищ дорогу Ільці-Буркут було повністю зруйновано.

Ділянка охоплює обвальню-осувний лівий схил р. Чорний Черемош, що належить до річкового басейну Пруту, є типовою гірською річкою із швидкою течією (0,9—1,5 м/с), U-подібною долиною, великою кількістю корінних виходів порід у руслі та водоспадів висотою до 4—15 м у каньйоноподібних витоках і притоках. Морфометричні параметри ділянки такі: ширина вздовж дороги становить понад 230 м, довжина по схилу коливається, змінюючись від південної до північної частини ділянки, відповідно від 150 до 480 м.

Осувонебезпечна ділянка являє собою складну велику багатоступінчасту осувну зону, що складається із осувних тіл та їх елементів різної морфології та віку (рис. 1). Крутість схилу у межах ділянки змінна і коливається від 8 до 70°. У верхній частині схилу її межею є товща масивних пісковиків нижньокросненської підсвіти кросненської світи, що відповідно змінює своє висотне положення у межах схилу. Нижня частина осувного схилу збігається із лінією урізу води в р. Чорний Черемош, ерозійна діяльність якої активізує процес осування. Осувні процеси охоплюють як частину схилу над побудованою дорогою, так і нижню частину схилу під нею.

За польовими дослідженнями визначено, що всі осувні тіла у межах схилу представлені давніми та сучасними утвореннями, які поширені відповідно у нижній та верхній його частинах. Окрім того, осувні утворення мають певні особливості будови у південній та північній частинах ділянки.

У південній частині ділянки переважають сучасні осувні тіла великих розмірів шири-

ною від 3 до 20 м із яскраво вираженими стінками відриву висотою до 2 м (рис. 2). Вони розвиваються у тілі значно більш потужного стабілізованого осуву. За формою в плані осуви в основному циркоподібні. Для них характерні добре виражені морфологічно основні елементи осувного схилу. Стінки відриву цих тіл мають каскадний характер зі змінною амплітудою (рис. 3).

Площини тіл мають субгоризонтальний характер у верхній частині схилу та дрібноступінчастий, погорбкований — у нижній. Подекуди ці площини завалені деревами або порослі "п'яним лісом". Тіла осувів складені супіщаними відкладами із різноуламковим матеріалом діаметром до 1 м. У межах тіл осувів утворюються промивини врізом до 0,5 м. У верхній частині схилу спостерігаються невиразні другорядні уступи, які по простяганню мають кулісоподібну будову. У нижній частині схилу під дорогою сформовано тіла сучасних осувів із чіткими стінками відриву висотою до 1,5 м, які формують каскад з невеликих уступів різної висоти, спускаючись до урізу води.

Найбільшу довжину (понад 400 м) має *північна частина* осувонебезпечної ділянки з добре вираженим постійним водотоком, тальвег якого змінної ширини від 1 до 3 м залежно від складу гірських порід.

Верхня частина схилу характеризується наявністю великих стінок відриву давніх осувів циркоподібної форми у плані. В стінках відриву, амплітуда яких становить до 2 м, відслонюються тонкоуламкові відклади із невитриманими елементами залягання, а також плоскі брили загіпсованих аргілітів вапняків розміром до 3 м. Уздовж тальвегу струмка у верхній частині схилу утворені надосувні уступи висотою до 1,5 м. Про невіршений позовжний профіль струмка свідчать сформовані невеличкі водоспади у його руслі, найбільший з висотою уступу до 1,5 м, утворений внаслідок розмиву потужної брили тонкошаруватих пісковиків із субгоризонтальним заляганням. Лівий схил струмка характеризується наявністю задернованих стабілізованих осувів. Правий, як правило, містить декілька ярусів (до 3—4) свіжих тріщин. У середній частині схилу (в інтервалі 250—300 м від дороги вздовж схилу) спостерігаються тіла сучасних осувних утворень із крутими майже вер-

тикальними надосувними уступами, броньованими крупними брилами пісковиків. Тіла осувів мають нерівну нахилу вздовж схилу поверхню, подекуди із заболоченими ділянками. Нижня частина схилу ускладнена ешелонувано розміщеними стінками відриву стабілізованих осувів, що мають циркоподібну форму в плані.

Тіла осувів представлені делювіально-колювіальними відкладами, склад і потужність яких визначаються характером порід, залучених у процес осування. Це уламки різного розміру тонкоуламкового флішу із включенням брил пісковиків діаметром від 0,5 до 5 м (мікстит). Уламки пісковиків сприяють стабілізації осувного схилу. Подекуди до складу гравітаційних відкладів додається алювіальний матеріал терасових утворень, представлений галькою та валунами.

У межах тальвегу струмка спостерігаються численні ділянки заболочення шириною до 15 м. Місцями струмок розгалужується; в його відгалуженнях формуються промивини із окремим водозбором, що, в свою чергу, сприяє підвищеному заболоченню і формуванню мочажин. У нижній частині русла струмка спостерігається потужний конус виносу пролювіальних утворень довжиною понад 45 м.

#### **Аналіз чинників формування водно-гравітаційних явищ**

#### ***Літолого-стратиграфічний фактор виникнення водно-гравітаційних процесів.***

Зони розвитку осувів приурочено до формаційних комплексів, що мають складну просторово-часову структуру з відповідними фізико-механічними властивостями породних комплексів та зумовлюють різний вплив структурно-деструктивних процесів. Проведені нами дослідження виконані на полігоні, що має складну геологічну будову.

За даними ГДП-200 [10] у будові району беруть участь відклади мезозойської та кайнозойської ератем. Відклади мезозою широко розповсюджені в межах території робіт, де представлені крейдовою системою, зокрема відкладами шипітської, поркулецької світ нижньої крейди, а також нерозчленованими крейдово-палеоценовими відкладами (*товща строкатих мергелів та стрійська світа*). Відклади кайнозою предс-

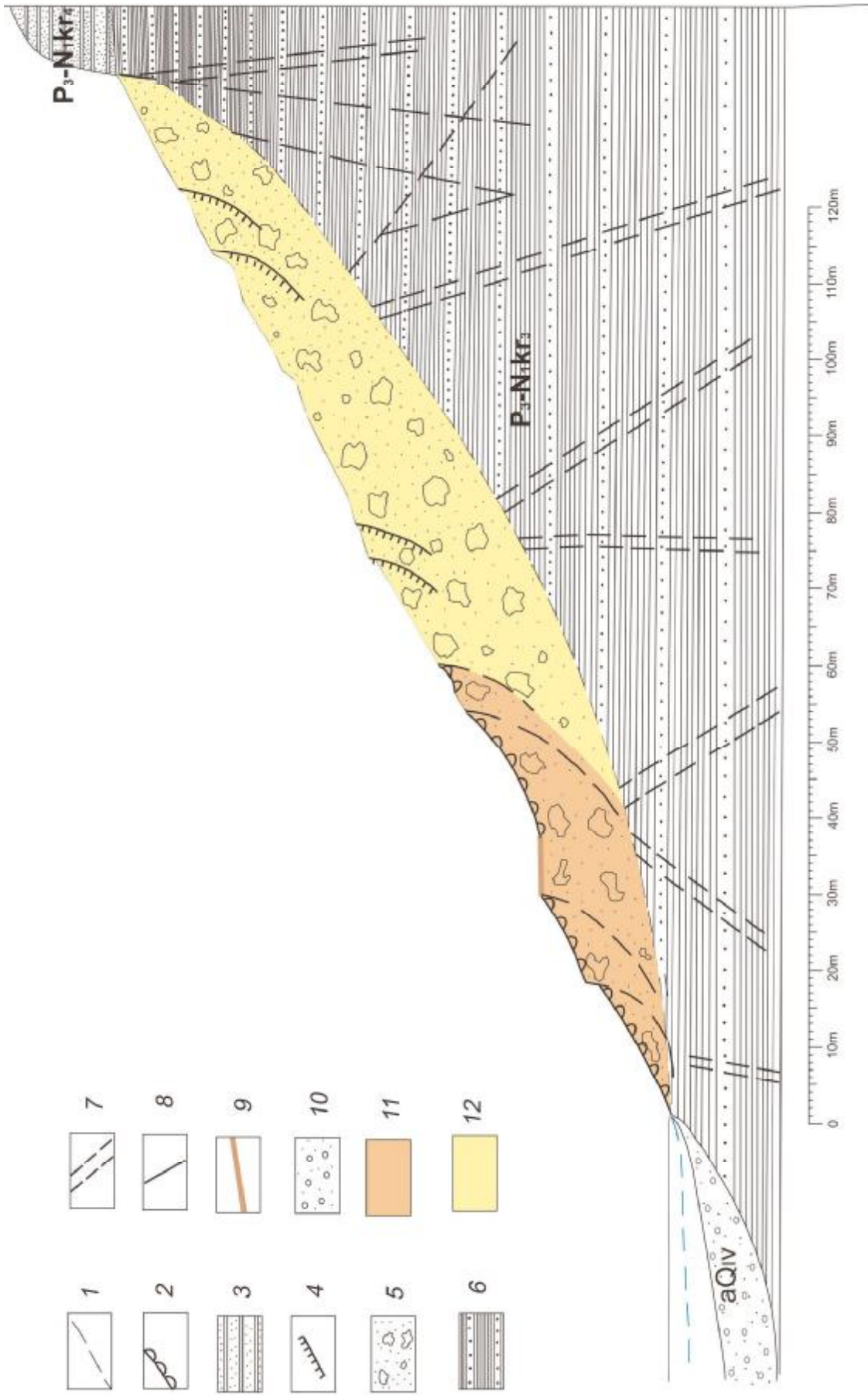


Рис. 2. Геолого-геоморфологічний профіль по лінії II-II'

1 — кумулятивна поверхня коваання осушу; 2 — площадки сучасних осушних тіл; 3 — пісковики з чергуванням аргілітів та алевролітів; 4 — стінки відриву давніх осушів; 5 — гравітаційні відклади; 6 — аргіліти з чергуванням алевролітів та пісковиків; 7 — розривні порушення передбачувані; 8 — те ж, явні; 9 — автомобільна дорога; 10 — піщано-галечникові відклади; 11 — тіло сучасного осушу; 12 — тіло давнього осушу



Рис. 3. Стінка відриву сучасного осуву

тавлені утвореннями палеогенової, неогенової та четвертинної систем і мають значне поширення в регіоні. В палеогенових відкладах виокремлюються утворення *ямненської* та *бистрицької* світ. Найпоширенішими серед потенційно осувонебезпечних утворень є відклади *менілітової* та *кросненської* світ, що складають кросненський тип стратиграфічного розрізу.

*Кросненська світа* ( $P_3-N_1kr$ ), загальною потужністю 1350—2150 м, представлена різноритмічним перешаруванням темно-сірих до чорних пісковиків, аргілітів, алевролітів з прошарками темних алевролітів, вапняків та лінзами олістостромів. Відклади світи згідно залягають на різних горизонтах менілітової світи і зазвичай завершують розріз. Саме відклади цієї світи відслонюються у межах досліджуваної ділянки. За літологічним складом світа поділяється на три підсвіти: нижню (переважно піщану), представлену пісковиками сірими, рідше темно-сірими різнозернистими, масивними або гру-

бошаруватими, паралельно-, рідше хвилястошаруватими поліміктовими, вапнистими, слюдистими, іноді глауконітовими із карбонатно-глинистим цементом; середню (піщано-глинисту); верхню (глинисту), складену здебільшого аргілітами сірими, чорними, коричневими тонкошаруватими, інколи вапнистими. Незважаючи на досить одноманітний літологічний склад, для світи характерні значні фаціальні зміни та коливання потужностей підсвіт. У верхній частині світи спостерігається локальна загіпсованість аргілітів.

У межах досліджуваної ділянки відклади четвертинної системи представлені континентальними фаціями, серед яких виділяються елювіальні, делювіальні, алювіальні, техногенні, пролювіальні та змішані: делювіально-колювіальні, елювіально-делювіальні, елювіально-делювіальні і делювіально-осувні утворення. Потужність відкладів антропогену є змінною і становить від 0,5 до 8 м. Більшість описаних осувних тіл складені колювіальними утвореннями, представле-

ними брилами пісковиків із фрагментами аргіліт-алевролітової маси та частиною делювіального матеріалу. Слід зазначити, що саме ці відклади є колектором і провідником ґрунтових вод, що розвантажуються на схилі. При значному обводненні цих утворень умови руху вод по схилу відрізняються складністю і різноманітністю, мінливістю залежно від кліматичних умов. Інколи до осувних утворень долучаються фрагменти алювіальних відкладів нижніх терас р. Чорний Черемош. У зв'язку з цим у складі осувних тіл можливо є присутність гравійно-галечникового матеріалу.

Таким чином, переважання в розрізі доволі щільних і потужних пісковиків із чергуванням тонкошаруватих алевроліт-аргілітових верств порівняно слаболіфікованих (аргіліти у розрізі являють собою практично аргілітизовані глини), а також наявність колювального матеріалу зумовлюють контрастність механічних та фізико-хімічних властивостей гірських порід. Це корінним чином впливає на характер осувних процесів і рельєфоутворення.

**Структурно-тектонічні умови впливу на формування схилових процесів.** Район досліджень має складну тектонічну позицію. Як зазначалось, він розташований у межах Скибового покриву Зовнішніх (або Флішевих) Карпат. Тектонічні особливості району пов'язані із насунанням потужного горизонту щільних, стійких до денудаційних процесів пісковиків нижньокросненської підсвіти кросненської світи на тонкошаруваті слаболіфіковані утворення верхньокросненської підсвіти кросненської світи.

Дані про характер та інтенсивність новітніх і сучасних тектонічних рухів засвідчують інтенсивний характер латеральних і вертикальних рухів із відносно високими швидкостями. На досліджуваній території розвинуто складно розгалужені розривні системи тривалого розвитку (багатоетапного поновлення), структурні парагенезиси яких включають різнопорядкові розривні структури, що розчленовують флішеві товщі на серію фрагментів, які у певних геоморфологічних ситуаціях можуть виявитись небезпечними з огляду на розвиток водно-гравітаційних явищ.

Бронюючий горизонт пісковиків має витримане залягання із такими елементами:

азимут падіння  $220^\circ$ , кут падіння  $30^\circ$ . Зміщувач насуву у межах ділянки закритий четвертинними відкладами, лише у врізі р. Черемош у корінному заляганні відслонюється тектонічний меланж по сірих аргілітах. Потужність зони меланжування, ймовірно, такого ж залягання (азимут падіння  $220^\circ$ , кут падіння  $30^\circ$ ) оцінити без гірничих робіт неможливо. Піднасувне крило (відносний автотхтон) також не відслонюється, про його особливості свідчать лише непрямі фрагментарні дані, оскільки, починаючи від уступу, який утворює горизонт пісковиків (від фронту насуву), весь схил має осувний характер і складений давніми та сучасними тілами осувів.

Про будову піднасувного крила свідчать виходи флішеїдних утворень в правому борті р. Черемош на північному закінченні ділянки. Вони мають субвертикальне падіння при доволі витриманому простяганні у  $310^\circ$ , що різко не узгоджується із заляганням горизонту пісковиків та зони насуву і говорить про наявність потужної зони розлому або системи розломів, які розвиваються за схемою простого зсуву і розчленовують відклади середньо- та верхньокросненської підсвіти кросненської світи на окремі блоки-пакети. Характер рельєфу на північ від уступу (південна околиця с. Красник) та геометрія лівих приток р. Чорний Черемош різних порядків вказують на високу ймовірність існування потужної зони дроблення, яка підрізає лівий борт річки у межах небезпечної ділянки, але не має наскрізного характеру щодо горизонту пісковиків. З поверхні вона, ймовірно, підкреслюється струмком, долина якого є частиною осувно-небезпечної ділянки. Струмок розмиває крупні фрагменти (розміром до перших метрів) тонкошаруватих верств із різним заляганням та фрагменти пісковиків обвального походження.

Характер залягання фрагментів та їх строкатість за складом і розміром не протирічать припущенню про те, що струмком розмивається тектонічна брекчія зони розлому. Це підтверджується також гідрогеологічною ситуацією вздовж осувно-небезпечної ділянки, виходами джерел тощо. Якщо розлом в загальних рисах збігається із напрямком течії струмка, то цілком ймовірно, що вся проблемна ділянка до південного її

закінчення, де горизонт пісковиків опускається до русла р. Черемош, підстеляється тектонітами (тектонічна брекчія, катаклази, мілоніти), які зближуються із меланжем зони насуву і складають основу осувних тіл. Ймовірно, ця зона переходить на правий борт долини р. Чорний Черемош.

Ізотропність матеріалу схилу північної частини ділянки створює певні літологічні передумови для стійкості схилу. Поява певної анізотропії гірських порід, зумовлена розшаруванням у тілах пісковиків та аргілітів, впливає на критичну крутість схилу, при якій можливий процес осування. Це підтверджується проведеними розрахунками, які продемонстрували, що граничний кут нахилу схилу може відрізнятись на 50% і більше від кута внутрішнього тертя залежно від величини параметрів анізотропії [9]. На основі цих розрахунків визначено також, що для ізотропного середовища при будь-яких кутах напрямку осей анізотропії відносно осей схилу та в анізотропному середовищі при цих кутах із значеннями 0, 30, 90° граничний кут схилу буде дорівнювати куту внутрішнього тертя.

Слід зазначити, що на південь від осуво-небезпечної ділянки схил, складений слабо-порушеними пісковиками, відзначається стійкістю, незважаючи на значну крутість та вирубку лісу. Цей схил характеризується динамічною рівновагою і є стійким до процесів осування, що підкреслює пріоритетний вплив тектонічного і літолого-стратиграфічного факторів на формування та активізацію осувів.

Таким чином, наявність деструктивних зон є одним із головних факторів при оцінці можливих масштабів та інтенсивності розвитку осувів. Це пояснюється тим, що тектоніти, якими складені ці зони, за своїми структурно-текстурними особливостями, механічними параметрами і гідрогеологічними властивостями є порівняними із слабозцементованими четвертинними відкладами.

**Вплив морфоструктурних і морфокультурних особливостей на розвиток водно-гравітаційних процесів.** Район досліджень знаходиться у межах Зовнішньокарпатської морфоструктури на межі району альпійського та середньогірського рельєфу гірських груп Свидовця і Чорногори

та району Ворохта-Путильського стародавньотерасового низкогір'я Вододільно-Верховинської області. Сучасний стан рельєфу території успадкований з фанерозою і відображає геологічні умови її розвитку. Великі морфоструктури, у цілому, відповідають геоструктурним особливостям при інверсійному характері рельєфу.

Район альпійського та середньогірського рельєфу гірських груп Свидовця і Чорногори є найвищим і залягає в межиріччі Тересви, Чорної Тиси та Чорного Черемошу. Абсолютні висоти в його межах часто перевищують 1500 м і досягають 2020 м. Долини річок глибоко врізані на 1000—1200 м. Хребти асиметричні, їх північно-східні схили більш круті і короткі, а протилежні — пологіші і довші. Це, безумовно, зв'язано з фронтальним насувом потужних товщ пісковиків крейди і палеоцену, які складають масиви, на більш м'які товщі олігоцену. Район Ворохта-Путильського стародавнього низкогір'я Вододільно-Верховинської області розміщений в межах Кросненської зони і простежується від рік Брустуранка — Бистриця Солотвинська через витоки Пруту в межиріччя нижньої течії Чорного і Білого Черемошів. Він являє собою ерозійно-денудаційну поверхню сарматсько-голоценового віку [3, 13].

Загалом, даний тип рельєфу відносять до верховинського типу — двоярусного, низкогірського (600—700 м), характерного для центральної синклінальної зони, що складена товщами піщано-глинистого дрібноритмічного олігоценного флішу (менілітова та особливо кросненська світи). До верхнього ярусу, який характеризується пологими пасмами, належить комплекс середніх (VI—X) терас, що утворює ярус загальною шириною до 100 м. Ці тераси ерозійно-аккумулятивні, бровка та уступи їх виразні, але субаквальний покрив дуже зруйнований, а внутрішні краї перекриті колювально-делювіальними утвореннями. Схили нерідко ускладнені давніми осувами, розчленовані балками, а місцями й ярами, що, як правило, врізані у днища давніх балок. До верхів'їв останніх приурочені також окремі діючі осуви. Верхній ярус утворився на давньотерасовій основі або пов'язаний з антиклінальними складками. Нижній ярус включає комплекс добре виявлених нижніх терас (I—IV), що утворює рівнинний ярус



у нижній частині схилів. Уступи між терасами круті, ускладнені осувами. Ярус розчленований потоками та яружно-балковими формами. В руслах річок розвинута бічна ерозія та акумуляція галечників.

Аналіз висотного положення і характер деформування поверхонь вирівнювання, річкових терас, поздовжніх профілів річкових русел, вододілів і тальвегів підтверджує значення неотектонічного фактора, що впливає як на розвиток схилів, так і на рельєф в цілому. Загалом ерозійно-тектонічний та денудаційний рельєф району характеризується значною густиною горизонтального розчленування (до 2,5 км/км<sup>2</sup>), глибиною вертикального розчленування (до 120 м) та крутістю схилів (до 35—55°), що і створює "енергію" для розвитку різноманітних екзогенних процесів.

Долина р. Чорний Черемош у межах досліджуваної ділянки має асиметричний коритоподібний профіль. Це зумовлено наявністю порід, що характеризуються різною стійкістю до денудаційних процесів, зокрема до лінійної ерозії. У межах правого схилу значного розвитку набули гірські струмки та численні яри, вироблені як у флішодних мезокайнозойських товщах, так і в четвертинних утвореннях. Як правило, вони характеризуються V-подібними днищами, інколи і в них відсутні постійні водотоки; виповнені вони переважно досить потужними пролювіальними утвореннями потужністю до 8—10 м. Значна кількість приток першого та другого порядку сформована в ослаблених зонах земної кори, пов'язана із розривними порушеннями різного генезису та орієнтування, про які йшлося вище.

Рельєф ділянки, що належить до нижнього ярусу, має куестоподібний характер. Це обумовлено поєднанням літолого-стратиграфічних і тектонічних чинників, що і спричинило формування складного рельєфу із виразним уступом в зоні насуву горизонту масивних пісковиків нижньокросненської підсвіти кросненської світи. Міжкуєстові пониження пов'язані літологічно із малопотужними прошарками аргілітів нижньокросненської підсвіти кросненської світи.

Головними характеристиками рельєфу, що впливають на розвиток гравітаційних та водно-гравітаційних явищ, є крутість схилів, яка при відомих значеннях висот у загальних

рисах відображає геологічну будову території, характер екзогенних і, зокрема, водно-гравітаційних процесів. Крутість схилів р. Чорний Черемош сягає близько 15—25°, місцями складаючи до 70° (у межах виходів масивних пісковиків). Крутість та висота схилів є корелятивними показниками, що визначають значною мірою напружено-деформаційний стан у зоні схилу та осувних тіл. Схили також є елементами зв'язку між різними рівнями, які фіксуються як бази денудації [6]. Положення цих рівнів визначає напрямок стоку і знесення матеріалу, місцевий базис ерозії, а тому відіграє вирішальну роль у процесах денудації та акумуляції. Безумовно, що на положення цих рівнів має вплив як кліматичний, так і тектонічний фактори.

**Гідрогеологічні умови формування осувів.** Згідно з районуванням України за умовами формування режиму підземних вод, досліджувана територія розміщена у межах Карпатського басейну підземних вод. Геолого-структурні особливості із значним поширенням водотривких глинистих та аргілітових горизонтів, складна геоморфологічна будова із переважанням розчленованого рельєфу та кліматичні показники визначили складні умови формування та режиму підземних вод. На даній території виділяються водоносний горизонт у алювіальних відкладах першої-п'ятої надзаплавних терас та заплави середнього неоплейстоцену-голоцену, а також водоносний комплекс у відкладах кросненської і мєнілітової світ олігоцену — міоцену.

Однак у межах осувонебезпечної ділянки підтвержене структурними дослідженнями порушення структурованості та наявність зони дроблення гірських порід вздовж схилу у поєднанні із багатоетапним осуванням мікститу із різновіковими фрагментами створює особливі гідрогеологічні умови, що відображаються у таких ознаках. По-перше, різноуламкова структура порід сприяє спрямованості потоку підземних вод вздовж схилу практично прямолінійно до р. Чорний Черемош, що підтверджується геофізичними дослідженнями. Формування шляхів стоку відбувається по ділянках з підвищеним коефіцієнтом фільтрації, причому збільшення швидкості фільтрації з часом призводить до утворення поверхневих постійних водотоків, що дрениують схилі відклади. У межах да-

ного схилу відбувається струменева диференціація потоків у зв'язку із описаною вище складною геологічною будовою схилу. По-друге, порушення рівноваги стабілізованого осувного схилу спостерігається внаслідок перезволоження його нижньої частини, підрізання річкою та відповідною зміною базису ерозії (базис осувів задається рівнями візур р. Чорний Черемош, яка інтенсивно підмиває лівий берег, складений неструктурованими і несорттованими, практично пухкими утвореннями осувних тіл). Цей процес призводить до ускладнення стоку у нижній частині схилу, що викликає переводонасичення схилових утворень і формування оплинв. Слід зазначити, що вжиті заходи по укріпленню схилу сприяли перекриттю підземного стоку та підняттю рівня ґрунтових вод, що спричинило багатостадійне осування мас у нижній частині схилу.

При надлишковій зволоженості змінюються реологічні властивості мікститу, що складає схил. Це, безумовно, впливає на консистенцію і фізико-механічні характеристики гірських порід, а отже, і на стійкість схилу. Як відомо, залежно від консистенції породи схилу можуть мати проміжне положення між рідкотекучими, в'язкотекучими та твердими тілами. Межі даних характеристик визначаються показниками меж пластичності і текучості. Для визначення меж показників текучості та пластичності різних літологічних різновидів гірських порід використано емпіричні дані різних авторів [12, 14, 15]. Для визначення взаємозв'язку механічних і фізичних параметрів ґрунтів та з'ясування граничних меж фізичного стану порід проведено статистичну обробку та інтерполяцію отриманих даних. Так, визначено залежність між модулем загальної деформації  $E$  та значеннями пористості різних літологічних типів гірських порід залежно від їх консистенції. В усіх випадках спостерігається зниження модуля деформації при зростанні коефіцієнтів пористості порід, що є природним і зумовлене загальними законами механіки ґрунтів.

Межа текучості є важливим показником при розрахунках стійкості схилів, яка характеризує зміну фізичного стану порід та їх перехід у рідкотекучий стан. Ця межа є чутливою характеристикою для оцінки і прогнозування гравітаційних процесів, так

як саме перехід через межу текучості характеризує порушення динамічної рівноваги у межах певного схилу (безумовно, із урахуванням решти параметрів).

У результаті інтерполяції емпіричних даних визначено механічні параметри порід на межі текучості при різних коефіцієнтах пористості. Для глин значення модуля деформації при консистенції на межі текучості  $I_L = 1$  при коефіцієнті пористості 0,65 становить 16 МПа, а при коефіцієнті пористості 0,75 та 1,05 — відповідно 12,8 та 5,2 МПа. Слід зазначити, що глинистий компонент мікститів має певну відмінність фізичних властивостей від глин класичних у зв'язку із значними процесами дроблення та аргілітизації, яких вони зазнали у процесі свого утворення. Для суглинків при значеннях коефіцієнта пористості 0,75; 1,05 та 1,2 показники модуля деформації на межі текучості становлять відповідно 11,5; 7,5 та 6,5 МПа.

Визначені залежності між фізичними та механічними параметрами дають змогу використати отримані дані для розрахунку стійкості схилів. Отримані дані по механічних параметрах на межі текучості різних літологічних типів порід зможуть бути використані у розрахунках впливу гравітаційних процесів на функціонування транспортних систем. Даний показник має першочергове значення для розрахунків, оскільки саме межа текучості є визначальним параметром, що характеризує порушення динамічної рівноваги у межах схилів, яке створює передумови для прояву небезпечних процесів і виникнення екстремальних ситуацій. Для передбачення запасу стійкості схилів у розрахунках слід використовувати нижні межі отриманих значень механічних параметрів.

## Висновки

Таким чином, дослідження факторів формування водно-гравітаційних процесів у долині р. Чорний Черемош доводить істотний вплив геолого-геоморфологічної будови на їх виникнення та наступну активізацію. Визначено роль літолого-стратиграфічного, геоморфологічного, структурного, гідрогеологічного чинників осувних явищ. Зони розвитку цих процесів приурочені до певних формаційних комплексів, що мають складну

просторово-часову структуру з відповідними фізико-механічними властивостями породних комплексів та зумовлюють різний вплив структурно-деструктивних процесів. Виділення регіональних і локальних деструктивних зон з аномальними проявами небезпечних геологічних процесів визначає необхідність детальних польових обстежень та картування. Недовраховання даного фактора в умовах підвищеної зволоженості та сейсмічності призводить до катастрофічних наслідків. Описувані осуви слугують ілюстративним об'єктом для деталізації та уточнення класифікаційних ознак структурних осувів у Карпатському регіоні. Досліджуваний район, зважаючи на його складну гетерогенну геологічну будову, є показовим полігоном для відпрацювання аналітичних методик дослідження стану природно-техногенних систем і може бути рекомендованим для постійного моніторингу.

1. Адаменко О. М., Рудько Г. И. Основы экологической геологии (на примере экзогеодинамических процессов Карпатского региона Украины). — Киев, 1995. — 211 с.
2. Багрій І. Д., Блінов П. В., Гожик П. Ф., Кожем'якін В. П. Активізація небезпечних геологічних явищ у Закарпатті як наслідок екстремальних паводків. — К., 2004. — 210 с.
3. Геология СССР (Карпаты). — М.: Недра, 1966. — Т. 48. — 538 с.
4. Гошовський С. В., Горда Є. Л., Рудько Г. І. Техногенно-екологічна безпека та інженерний захист територій від осувів (на прикладі Карпатського регіону України за наслідками катастрофічної активізації 1998—1999 рр.). — К.: Знання, 1999. — 102 с.
5. Демчишин М. Г. Проявление древних оползней в Советских Карпатах в связи с транспортным строительством // Тр. XIII конгр. КБГА. — Краков, 1985. — Ч. 2. — С. 475—478.
6. Демчишин М. Г. Современная динамика склонов на территории Украины (инженерно-

геологические аспекты). — Киев: Наук. думка, 1992. — 256 с.

7. Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат / Максимчук В. Ю., Кузнецова В. Г., Вербицький Т. З. та ін. — К.: Наук. думка, 2005. — 255 с.
8. Іванік О. М. Структурно-тектонічний контроль розвитку водно-гравітаційних процесів у межах Свалявського та Воловецького районів Закарпатської області // Геол. журн. — 2007. — № 3. — С. 81—86.
9. Комарова А. А., Ширко И. В. Теория предельного равновесия анизотропной сыпучей среды // Тр. 47-й науч. конф. МФТИ. — М., 2004. — С. 113—114.
10. Мацьків Б., Пукач Б., Пастуханова С., Воробканич В. Геологічна будова та корисні копалини басейнів верхньої течії рік Тиса, Прут та Черемош. Звіт "Геологічне довивчення площ масштабу 1:200 000 Рахівської групи аркушів М — 34 — XXXVI, М — 35 — XXXI, L — 34 — VI, L — 35 — I (в межах України) на площі 12100 кв. км (1997—2006 рр.)". — Київ, 2006. — Кн. 1. — 325 с.
11. Перехрест С. М., Кочубей С. Г., Печковська О. М. Шкідливі стихійні явища в Українських Карпатах та засоби боротьби з ними. — К.: Наук. думка, 1971. — 179 с.
12. Справочник по механике и динамике грунтов / Швець В. П., Гинзбург Л. К., Гольдштейн В. М. и др.. — К.: Будівельник, 1987. — 231 с.
13. Тектоника Украины. — М.: Недра, 1988. — 253 с.
14. Тер-Степанян Г. И. Новые методы изучения оползней. — Ереван: Изд-во АН Арм ССР, 1978. — 152.
15. Тихвинский И. О. Оценка и прогноз устойчивости оползневых склонов. — М.: Наука, 1982. — 255 с.

Київ. нац. ун-т  
ім. Тараса Шевченка,  
Київ  
E-mail: ivanik@univ.kiev.ua

Стаття надійшла  
05.11.09