

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ЗСУВІВ У ГІРСЬКИХ РАЙОНАХ ТА ЗАХОДИ СТОСОВНО ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ

Н.Ю. Букевич

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42196,
e-mail: drev@bk.ru*

Розглянуто основні причини розвитку зсувних явищ, обґрунтовано їх вплив на експлуатацію газотранспортних мереж, а також наведено рекомендації щодо попередження цих небезпечних геологічних процесів. Наведено класифікацію типів формування схилів та їх вплив на утворення зсувів, а також методи прогнозування і контролю розвитку обвальних явищ.

Ключові слова: зсуви, трасування газових мереж, крутизна схилів, делювіальні схили, активність екзогенних процесів

Рассмотрены основные причины развития оползневых явлений, проанализировано их влияние на эксплуатацию газотранспортных сетей, а также приведены рекомендации по предупреждению этих опасных геологических процессов. Рассмотрена классификация типов формирования склонов и их влияние на образование оползней, а также методы прогнозирования и контроля развития оползневых явлений.

Ключевые слова: оползни, трассировка газовых сетей, крутизна склонов, делювиальные склоны, активность экзогенных процессов

The main causes of landslide phenomena found to influence the operation of gas networks, and given recommendations for the prevention of dangerous geological processes. Classification of types of formation hovering over the slopes and their influence on the formation of landslides, as well as methods of prediction and control of landslides.

Keywords: landslides, trace gas networks, steepness of slopes, slopes delluvial, activity of exogenous processes

Доведено, що процес розвитку екзогенних геологічних процесів тісно пов'язаний не тільки із загальновідомими чинниками, але й з динамікою неотектонічних рухів як проявом глобальних геодинамічних процесів та проявами сейсмічної активності, що обґрунтовано аналізом зв'язків кількості, розмірів зсувів та інших статистичних показників, які їх характеризують, а також з розташуванням зсувних ділянок відносно до певних структурно-тектонічних зон [1].

Зсуви – зміщення вниз схилом маси пухкої гірської породи без відриву від схилу під впливом сили тяжіння, особливо у разі насичення пухкого матеріалу водою. Вони виникають на ділянці схилу внаслідок порушення рівноваги порід, викликаного збільшенням його крутизни в результаті підмивання водою, послабленням міцності порід у процесі вивітрювання чи перезволоження опадами та підземними водами, дією сейсмічних поштовхів, а також будівельною, господарською діяльністю та при трасуванні газових мереж.

Протягом останніх років у Карпатському регіоні активізувалися різні за генетичним типом зсуви (блокові структурно-пластичні, пластичні) з різними об'ємами порід та різними швидкостями їх перебігу, механізмом, динамікою та загрозою природним і техногенним об'єктам. Аналіз умов і факторів даного процесу свідчить про реальну загрозу зростання масштабів руйнування природних об'єктів, споруд та інженерних комунікацій.

Територією України проходить найбільший у світі транзитний газовий потік з Росії в

країні Європи. Газова мережа — система трубопроводів (газопроводів), що слугує для транспортування паливних газів та розподілу їх між споживачами. Крім того, це є основним елементом системи газопостачання населення та промисловості [2, 3].

У ході виконання польових інженерно-геологічних досліджень, яким повинне передувати детальне вивчення фондових і архівних матеріалів з рекогносцирувальними маршрутними дослідженнями, основну увагу потрібно приділяти “проблемним” ділянкам траси: у першу чергу, — зі зсувними проявами, потенційно небезпечними тектонічними активними порушеннями, концентрованими техногенними навантаженнями і т.д. З метою їхнього виявлення можна використовувати комплекс геофізичних і інженерно-геологічних методів.

За діючими правилами газопроводи вологого газу повинні укладатися нижче середньої глибини промерзання ґрунту, а осушеного газу можуть розміщуватися в зоні мерзлого ґрунту на відстані не менш 0,8 м від верху труби до поверхні землі (у зв'язку з необхідністю запобігання руйнування газопроводу під транспортним навантаженням).

Важливо відзначити, що вплив інженерно-геологічних факторів, які формують інженерно-геологічні умови для такого лінійного протяжного спорудження, як магістральний газопровід, не охоплює всієї розмаїтості їх, оскільки глибина закладання труби рідко перевищує 5 м. З іншого боку, при облаштуванні полиць у горах можливі зривання схилів на значні глибини, що

само по собі стає могутнім техногенним фактором і часто призводить до порушення рівноваги системи “навколишнє середовище — трубопровід” [4].

Всебічний аналіз цих матеріалів і використання їх для прогнозування подальших змін інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов під впливом техногенних факторів у підсумку визначають набір методів і обсяги робіт на різних сегментах траси. Особливу увагу при цьому потрібно звертати на активізацію несприятливих фізико-геологічних процесів, що провокуються у результаті будівництва газопроводів. В основному, це — зсуви в результаті підрізування схилів при облаштуванні полиць газопроводів. Їхній прояв може стати причиною аварій на діючих газопроводах, що, крім економічного збитку від аварії, впливають на екологічний стан навколишнього середовища.

Важливим для забезпечення надійності газопроводу може слугувати принцип максимального використання геоморфологічних особливостей. Часто це — коридори вже існуючих газопроводів. На ділянках, де прокладання в них була неможлива, вишукуються локальні, стійкі обходи з віддаленням від існуючих коридорів і використанням “вільних” поверхонь вододілів.

Вплив безлічі факторів, що визначають міцність трубопроводу в період експлуатації, класифікується як складне і взаємозалежне, тому ресурс трубопроводу, як правило, визначають на підставі даних моніторингу технічного стану [5].

Для прогнозування і контролю розвитку зсувів проводять детальні геологічні дослідження і складають карти, на яких вказані небезпечні місця. Насамперед, при картуванні методами аерофотозйомки виявляють ділянки накопичення уламкового зсувного матеріалу, які на аерофотознімках проявляються характерним і дуже чітким малюнком. Визначаються літологічні особливості породи, кути схилу, характер течії підземних і поверхневих вод. Ведеться реєстрація руху на схилах між опорними реперами, вібрацією будь-якої природи.

З використанням сучасних космічних технологій прогнозування зсувів стає значно легшим процесом. Наприклад, високоточний радар-інтерферометр на борту європейського супутника ERS використовується в рамках нової системи «Сервіс контролю за зсувами» (SLAM). Ідея полягає в тому, що супутник дає змогу прослідкувати мікроскопічні зміни в рельєфі, які, як правило, призводять до зсувів. Буквально міліметрові зміщення ґрунту відбуваються за тижні та місяці до раптового обвалювання ділянки, де має місце зсув. Побачити їх безпосередньо на місцевості неможливо. Проте це легко робить супутник з радаром і відповідне програмне забезпечення. ERS спроможний визначити зниження чи підйом невеликої ділянки землі (в перерізі в десятки метрів) величиною 1 міліметр на рік.

Якщо вірогідність виникнення зсувів велика, то застосовуються спеціальні заходи із за-

хисту від зсувів. Сповзаючі ґрунти укріплюють баласинами, які розташовують в шаховому порядку, проводять штучне заморожування ґрунтів, висаджують рослинність на схилах. Для стабілізації зсувів у мокрих глинах проводять їх осушування методами електроосмосу чи нагнітанням гарячого повітря в свердловини. Великим за розмірами зсувам можна запобігти дренажними спорудами, які перекривають шлях поверхневим і підземним водам до зсувного матеріалу. Поверхневі води відводяться каналами, підземні — штольнями чи горизонтальними свердловинами [6].

Крутизна схилів і її зміни залежать від співвідношення ендегенних (Т) і екзогенних (Д) процесів:

$T > D$ — крутизна з часом зростає;

$T = D$ — динамічна рівновага, збереження загальної крутизни;

$T < D$ — зменшення крутизни схилу.

Форма схилу може бути прямою, опуклою чи увігнутою. В. Девіс зіставляє прямий схил з підйомом та активним розвитком глибинної ерозії, а увігнутою вважав форму, яка є характерною при зниженні швидкості позитивних вертикальних рухів і зменшенні активності ерозійних процесів.

На схилах з крутизною понад 35-37° (кут природного відкосу) переважають обвали і осипи. При крутизні меншій від кута природного відкосу, проте більше 12-15°, розвиваються процеси зсуву, які часто супроводжуються делювіальним змиванням і масовим рухом уламків, які вкривають схил. На пологих (в т.ч. з крутизною 1-2°) схилах відбувається делювіальне змивання і масовий рух каркасу уламків (дефлюкція, соліфлюкція, куврами і т.д.).

Обвальні-осипні ґрупи схилів включає обвальні, осипні та перехідні полігенні типи. Найбільшого розвитку обвальні-осипні ґрупи схилів мають місце в межах долин глибоко розчленованого гірського рельєфу.

При крутизні схилів понад 35° частина гірської породи, що відокремилась від корінного схилу без додаткового імпульсу починає рухатися під дією сили тяжіння. При об'ємі відокремлених блоків більше 10 м³, процес називається обвалюванням породи, при меншому — осипанням або каменепадом.

Загальними причинами обвальних і осипних процесів є порушення цілісності схилу, відокремлення брил і дрібних уламків і рух вниз обвальні-осипних мас вивітрених порід.

Ось типи обсипних сквпчень.

1. Пухкого складу — уламки різних розмірів з пустотами між ними. Переміщуються в результаті осипання.

2. Щільного складу — порожнечі заповнені лібноземом. Характерно напівзв'язаний рух матеріалу.

3. Покрив двофазної будови. Характер руху матеріалу диференційований — не зв'язаний у верхній частині і напівзв'язаний у нижній.

4. Покрив, який підстилається стародавньою мореною, іноді з лінзами похованого льоду. На рух впливає пластичний стан морени;

рух складний: десерпційно-осипний при сповзанні і обвальо-зсувний при ковзанні нижньої частини.

5. Соліфлюкційно-осипний покрив – формується в областях розповсюдження вічної мерзлоти в періоди відтанення і обводнення осипів на схилах.

Чинники зсувоутворення поділяються на статичні і динамічні.

Статичні чинники:

А – геологічні – особливості, які визначають будову схилу;

Б – орографічні – крутизна схилу, висота, загальна форма та ін.

Динамічні чинники – деформації, які відбуваються під впливом новітніх та сучасних рухів.

Процеси зсуву пов'язані з підземними водами, які стимулюють відлив і зісковзування масиву, змінюючи гірські породи та їх властивості. Атмосферні води призводять до вивітрювання порід, з яких складається схил, і живлять тіло зсуву вологою.

Активні екзогенні фактори – процеси, що впливають на схили (ерозія, абразія, суфозія і гідродинамічний тиск, що виникають внаслідок дії потоку підземних вод на масив, в якому відбувається зсув).

Активність екзогенних процесів залежить від новітнього тектонічного розвитку схилу, а в сейсмічних районах – від частоти і кількості балів землетрусів.

Утворенню зсувів сприяє антропогенна діяльність.

У верхній частині зсувного схилу, виникає стінка відриву, або відступ – крутий, іноді – вертикальний, нерівний. У корінному схилі паралельно йому розвиваються системи тріщин розтягування. Ніші відриву мають різну форму.

У великих складних зсувах у більшості випадків виділяються дві частини:

– верхня – структурна, або брилова – в її межах частково зберігається початкова будова породи. У рельєфі брили утворюють системи масивів, розміщених у вигляді сходинок, поверхня яких нахилена до стінки відриву і часто заболочена вздовж контакту окремих брил. Брилова частина розбита на окремі блоки;

– нижня – аструктурна, представляє дуже подрібнену породу з уламками більш стійких різновидів. Тіло зсуву лежить на поверхні ковзання (динамічна поверхня). Підшва зсуву – вихід площини ковзання на поверхню біля підніжжя зсувного схилу. Тіло зсуву розбите системою бічних тріщин (результат тертя тіла зсуву при переміщенні).

Глибина захоплення порід зсувним процесом на схилі називається рівнем зсуву, який може знаходитись вище і нижче суміжного базису ерозії. Якщо рівень зсуву лежить вище базису ерозії, то зсуви називаються деляпсивними, тобто тими, які зісковзують з схилу; якщо нижче – детрузивними, або зсувами видавлювання.

Виділяється кілька генетичних типів зсувів:

– консистентні – пов'язані зі зміною консистентності порід і переходом глинистих відкладів у пластичний і плинний стан при зволоженні;

– суфозійні – утворюються в результаті розпушення матеріалу внаслідок винесення дрібнозему;

– суфозійно-консистентні – утворюються при поєднанні обох причин.

Деляпсивні і детрузивні зсуви можуть розвиватися незалежно в різних ділянках зсувного схилу і послідовно на одній і тій ж ділянці.

Група деляпсивних зсувів характеризується вузькою течією, в результаті якої формуються спливи – малі зсувні тіла.

Стадії розвитку зсувного схилу: зрив рослинності на вивітреній частині четвертинного покриву; зміщення цієї вивітреної частини і всіх четвертинних відкладів з наступним руйнуванням корінних порід, з багаторазовим зісковзуванням зсувних мас і профілюванням у рельєфі схилу зсувних терас.

У лесовидних товщах, які залягають на скельних породах, при швидкому зволоженні утворюються зсуви-потоки, що виникають в результаті скидання в'язких мас; вони можуть рухатись долиноподібними зниженнями, і під час потрапляння у річки розбавляються і трансформуються у селі.

Група детрузивних зсувів. У процесі переміщення зсувного масиву відбувається деформація порід в основі зсувного схилу. Рухливість зсуву підсилюється, якщо він підмивається річкою. При глибокому охопленні порід процесом зсуву в річці можуть виникати острови, складені витиснутими масами зсуву.

Детрузивні зсуви витиснення можуть формуватися при заляганні нестійких порід під стійкими.

На високих гірських схилах складної внутрішньої будови зсуви починають переміщатися нестійкими зонами схилу, що складений скельними породами.

Детрузивні зсуви виникають за наявності в середній і нижній частині схилу водоносних дрібнозернистих пісків-плевунів.

Делювіальні схили. Делювіальні схили і корелятивні їм відклади середніх широт – це утворення, що виникли в результаті струминного змивання частинок ґрунту або ґрунту з похилих поверхонь дощовими і талими водами та відклади продуктів руйнування у вигляді плащоподібних покривів делювію.

У їх формуванні найбільш істотне значення мають:

- 1) кількість і характер опадів;
- 2) крутизна схилу;
- 3) фізико-механічні та інші властивості порід, що складають схил;
- 4) ступінь консервації ґрунту рослинним покривом.

Матеріал, що відкладається називається делювієм і складає делювіальні шлейфи потужністю від 1 до 20 м. Для делювію характерні однорідність, вертикальна виокремленість, пористість 30-50%, ледь помітна шаруватість, карбонатність. Накопичення делювію на шлей-

фах – імпульсивне. Середня інтенсивність осадо-накопичення – десять частки мм на рік.

Форма делювіальних схилів близька до тупокутного трикутника висотою в перші десятки метрів і основою в сотні метрів і перші кілометри. У верхній частині потужність делювію незначна. До основи вона зростає і знову зменшується до периферії. Часто в будові виділяється дві частини з умовною межею між ними:

– нижня – може мати неправильну шаруватість, частково подібну до будови корінних порід;

– верхня зазвичай представлена супіщаними і суглинними різновидами, що характеризується однотипною будовою і великою однорідністю знизу догори по розрізу. Делювію втратив зв'язок з корінними породами в результаті багаторазового переміщення.

Виділяються дві кліматичні умови формування делювіальних схилів:

– гумідна – найбільш сприятлива для утворення типових делювіальних схилів (описані вище). Їх виділяють в підтип делювіальних схилів з переважаючим площинним змивом, характерним для пологих поверхонь гумідних регіонів;

– семіарідна – відрізняється складним процесом змиву, що поєднує площинний і напівлінійний зсув. Знесення відбувається по системах добре розгалужених борозен глибиною 2-10 см, що знаходяться на відстані від перших десятків сантиметрів до перших метрів. З борозен надалі можуть розвиватися більш крупні форми.

У делювіальних шлейфах відносно крутих схилів областей з субарідним кліматом Є.В.Шанцер виділяв три зони осадконакопичення і корелятивних їм фацій:

– верхня (привершинна) зона характеризується спадом швидкостей відкладення при збереженні турбулентного характеру стоку. Тут залягає найбільш грубий матеріал, який має форму тупого кута конуса, утворений шовною частиною схилу і його основою;

– зона відкладень субламінарного потоку з неясною шаруватістю, обумовленою різним механічним складом (нижче схилом);

– зона стійкого ламінарного режиму (має найбільше розповсюдження) – в її межах відкладається найбільш тонкий, пилюватий і глинистий, матеріал.

Схили, сформовані масовим переміщенням уламкового матеріалу. Головний процес формування схилів – масовий рух чохла уламків. За консистенцією схилів утворення можуть бути твердими, пластичними, плинним. На консистенцію впливають форма частинок, агрегатний стан води, наявність колоїдів у розчинах і кристалічні зв'язки.

Солифлюкція – це рідко-і в'язкоплинний рух зволжених тонкодисперсних ґрунтів на схилах, що розвиваються, в результаті їх промерзання, танення і дії сили тяжіння. Швидкості зазвичай вимірюються кількома см на рік.

Солифлюкція властива територіям з широким розповсюдженням вічної мерзлоти і мерзлих пухких порід, які при замерзанні концент-

рують у собі вологу. При таненні підвищена вологість дрібнозему забезпечує рідкоплинну консистенцію ґрунту.

Дефлюкція – повільне зміщення ґрунту при в'язкопластичних деформаціях. Причини руху найчастіше пов'язані зі зміною температури, вологості, промерзанням-таненням. Швидкості вимірюються мм на рік.

Повільна солифлюкція і дефлюкція об'єднуються поняттям крип.

Десерпція, або сповзання – повільний (декілька мм або часток мм/рік) рух сухого уламкового матеріалу (піску, щебеню), не скріпленого рослинністю, в результаті зміни об'єму при коливаннях температури (за С.С. Воскресенським). Інші автори розуміють під цим терміном всі різновиди масового гравітаційного руху уламкового матеріалу на схилах або вважають термін "десерпція" синонімом поняття "крип".

У ході розвитку схилів з повільним зміщенням чохла уламків відбувається зрізання підстилаючої корінної гірської породи. Захоплення підстилаючої породи чохла відбувається двома способами: шліфуванням поверхні або захопленням блоків підстилаючих порід.

Солифлюкційні схили мають нерівну поверхню, ускладнену горбами і солифлюкційними терасами.

Десерпційні схили – це посипані щебенем "голі" поверхні. Їх рухливість залежить від:

1) режеляції – багаторазового танення і замерзання і, як наслідок, порушення початкової будови;

2) умов рослинного покриву;

3) тривалості періодів танення і замерзання, які супроводжуються зміною обсягу частинок, а також повільним сповзанням – дефлюкцією, або крипом.

Режеляція, вимерзання, течія, сповзання та інші явища в комплексі сприяють сортуванню матеріалу за величиною і утворенням курумів – "потоків" щебенево-глибового матеріалу. У гірських умовах розвиваються на порівняно крутих схилах (20, рідше до 30°). Джерело уламкового матеріалу – продукти руйнування морени. Акумулятивні форми типу покривів часто приурочені до областей зледеніння. Часто зустрічаються лінійні форми, що розвиваються по поверхнях молодих морен в умовах згасаючих долинно-карових і карових льодовиків. З руйнуванням пов'язано утворення кам'яних глетчерів – потоків кам'янистих і льодово-кам'янистих мас, розташованих у верхній частині схилів розчленованого гірського рельєфу; часто залягають на стародавніх моренах, утворюючи верхній, кам'янистий і рухливий шар.

Отже, за результатами досліджень рекомендується:

– виконання інженерно-геологічного нагляду в межах зсувних ділянок, які загрожують житловим спорудам, інженерним комунікаціям, та іншим техногенним і природним об'єктам;

– виконання планомірного комплексного великомасштабного спеціального інженерно-геологічного картографування і районування

зсувонебезпечних територій з визначенням загрози інженерним спорудам, черговості відселення людей з небезпечних зон та оптимальних умов інженерного освоєння та захисту території;

– відновлення роботи раніше функціонуючих полігонів, стаціонарних досліджень екзогенних геологічних процесів та організація нових полігонів стаціонарних досліджень по контролю за механізмом і динамікою небезпечних геологічних процесів. Ведення режимних спостережень за небезпечними геологічними процесами;

– площинне комплексне середньомасштабне картографування зсувів і селів з метою коректування кадастрових систем та створення комп'ютерної інформаційної та інструментальної бази з отримання, передачі та оперативної обробки інформації з метою прогнозу механізму, динаміки, масштабів та часу розвитку небезпечних геологічних процесів.

Література

1 Чебан В.Д. Комплекс геофізичних методів прогнозування зсувів на прикладі Закарпаття: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук: спец. 04.00.22 «Геофізика» / В.Д. Чебан. – Івано-Франківськ, 2002. — 19 с.

2 Говдяк Р.М. Роль підземних сховищ газу у складі газотранспортної системи України / Р.М. Говдяк, Ю.А. Нечаев // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 4. – С. 4-6.

3 Трубопровідний транспорт газу / [Ковшіш М.П., Грудз В.Я., Михалків В.Б. та ін.]. – К.: АреноЕКО, 2002. - 60 с.

4 Осінчук З.П. Газотранспортна мережа України у системі газопостачання Європи / Осінчук З.П. // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 2. – С. 32-36.

5 Розрахунок параметрів газотранспортних систем / [Химко М.П., Фролов В.А. та ін.] // Нафтова та газова промисловість. – 2006. – № 3. – С. 33-37.

6 Кизевальтер Д.С. Геоморфология и четвертичная геология. (Геоморфология и генетические типы отложений) / Кизевальтер Д.С., Раскатов Г.И., Рыжова А.А. – М.: Недра, 1981.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
11.11.10*

*Рекомендована до друку професором
Семчуком Я.М.*