

УДК 551.3:624.131.8

## ОЦІНКА СТІЙКОСТІ СХИЛІВ У РАЗІ ПРОЕКТУВАННЯ ГІРСЬКОЛИЖНИХ КОМПЛЕКСІВ

Я. Адаменко, М. Амброзяк

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна*

Досліджено екзогенні процеси на гірськолижних курортах, розглянуто методи оцінки стійкості схилів, проектні запобіжні заходи, підґрунтям до яких є інженерні розрахунки та часовий прогноз змін стану рівноваги геологічного середовища.

*Ключові слова:* курорт, схил, стійкість, зсув, експозиція.

Карпатський регіон є привабливим з погляду проектування та будівництва гірськолижних туристичних комплексів. Сучасний аналіз ринку дає змогу висновок про значне збільшення кількості туристичних гірськолижних курортів.

Будівництво об'єктів цього типу спричиняє значне навантаження на всі компоненти навколишнього середовища, головню, на геологічне. Тому захист гірськолижних схилів має найважливіше значення.

Основними небезпечними екзогенними процесами можуть бути зсуви, ерозія, осипи, яроутворення, які негативно позначаються на спорудах, що розташовані в межах гірськолижного комплексу. Розрахунок, моделювання, прогноз негативних наслідків та запобіжні заходи – ось найважливіші завдання, поставлені нами в разі оцінювання туристичних об'єктів як джерела навантаження на геологічне середовище. Як модельний об'єкт узато один із сучасних комплексів, розташований на території Івано-Франківської обл. Швидкий розвиток об'єкта призвів до того, що не приділяли достатньої уваги навантаженню на геологічне середовище.

Під час оцінювання ступеня стійкості схилів розглянуто геологічну будову цього об'єкта, гідрогеологічні характеристики району, сейсмічну активність. Також поза увагою не залишилися багаторічні спостереження за схилами, що дало змогу виділити призупинені та стабілізовані зсувні тіла. Особливу увагу приділено зсувам похованим, під потужними четвертинними відкладами на одній із трас. Адже активування таких тіл можливе передусім.

На першому етапі досліджень проведено комплекс робіт, який передбачав:

1) оцінку регіональних закономірностей розвитку геологічних процесів на усій території, визначення зон розміщення площинного положення вогнищ розвитку геологічних процесів та їхній зв'язок з геоморфологічними умовами і кліматичними особливостями [5];

2) виявлення конкретних ділянок розвитку геологічних процесів, оцінку загальної ураженості території;

3) вивчення умов та чинників формування геологічних процесів на цій території;

4) вивчення ступеня впливу геологічних процесів на гірськолижний комплекс та об'єкти, розміщені на його території [6].

Також виконано детальне візуальне обстеження ділянок розвитку зсувного процесу, яке полягало у комплексі польових робіт, які дали змогу активність процесу, визначити головні тенденції його зміни в просторі й часі, схарактеризувати ступінь техногенного навантаження на досліджувані ділянки.

На другому етапі робіт опрацьовано зібрані та наявні дані. Головну увагу приділено точності математичного опрацювання. Зазначимо, що складна природа зсувних явищ ще не розкрито. Унаслідок цього можливість і виправданість використання так званих точних вирішень обмежена, і доводиться застосовувати різні напівемпіричні методи, що виправдали себе практикою [1].

Які б не були причини, що спричинюють порушення стійкості схилів на дослідному об'єкті, у кінцевому підсумку рух гірських мас відбувається під дією сили тяжіння. Отже, у багатьох випадках умови стійкості схилів можна визначити за правилами механіки. Для розрахунків стійкості розроблено багато методів [3, 4]. Однак усі вони ґрунтуються на головній умові рівноваги, що діє на схил. Найскладнішим моментом стало визначення поверхні ковзання. У нашому випадку використано математичний метод у поєднанні з напівграфічним (рис. 1). За основу напівлогарифмічного методу взято припущення, що поверхня ковзання проходить через підшову схилу, проте в деяких випадках цього нема (зокрема, у схилах детрузивного типу).

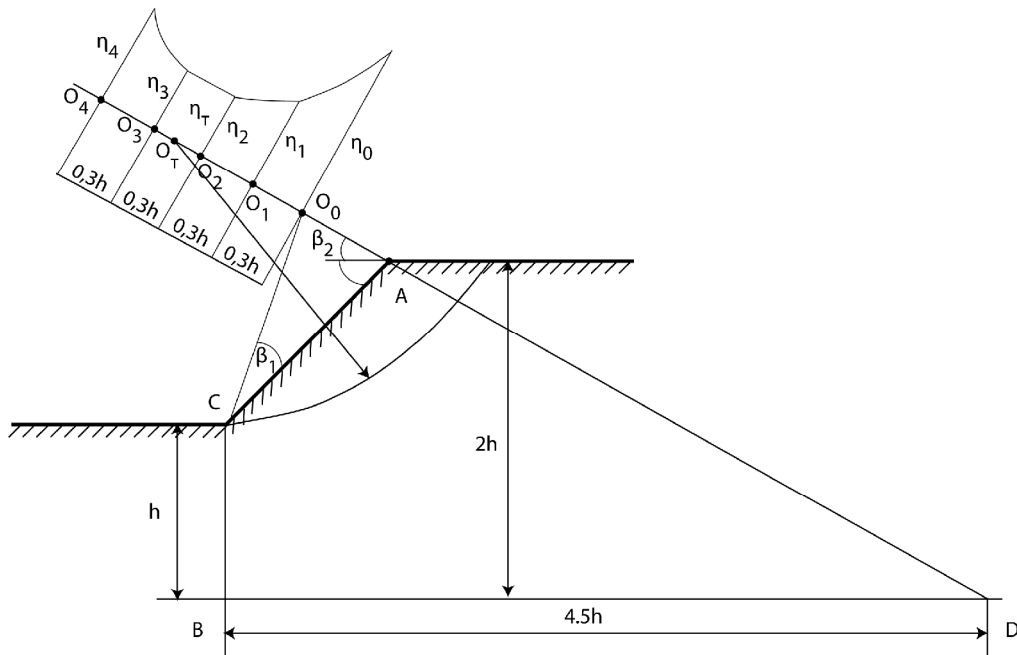


Рис. 1. Напівграфічний метод визначення поверхні ковзання, за Феленіусом–Терцагі [2].

Унаслідок розрахунків визначено коефіцієнти стійкості для окремих ділянок схилу, які становили потенційну небезпеку щодо зсувопроявів. Також враховано зміну стабільності схилу у зимово-весняний та осінній періоди. Порівняння значень коефіцієнтів

дало змогу окреслити коло першочергових заходів. Для моделювання просторового поширення зсувних процесів на одному зі схилів побудовано 3D-модель за допомогою використання програмного забезпечення, що дало змогу виділити зони локалізації первинних зміщень, які у майбутньому були порівняні з теоретично визначеними коефіцієнтами стійкості, що й підтвердило можливість у недалекому майбутньому активізації зсувних процесів.

Виявлено закономірність поширення зсувів на цій території, які мають такі особливості:

1) максимальна ураженість території зсувами зафіксована в межах зон поширення гідрофільних глин міоценового віку. Збільшення потужності глинистих відкладів у поєднанні з ерозійною діяльністю водотоків визначає різке зростання ураженості території зсувними процесами;

2) зсуви на території приурочені, здебільшого, до зон підвищеної тріщинуватості;

3) знижена денудаційна стійкість кореневої системи, низькі фільтраційні властивості ґрунту зумовлюють інтенсивний площинний змив та лінійну ерозію на схилах.

Виділено таку тенденцію: допоки схил задернований, доти він практично стійкий, порушення дернового покриву призводить до виникнення зсувних процесів на схилі. Аналіз зсувів щодо експозиції схилів засвідчив, що найбільша кількість можливих зсувів приурочена до схилів південної експозиції. Очевидно, це пов'язано з тим, що навесні на цих схилах швидкість розмерзання ґрунту більша і можливості для інфільтрації талих вод та атмосферних опадів вищі, ніж на схилах з іншою експозицією. Така нерівномірність у зволоженні схилів дає змогу прогнозувати виникнення зсувів саме на південних схилах.

Кожен схил можна характеризувати коефіцієнтом стійкості декількох видів: загальної стійкості щодо можливості виникнення зсуву першого порядку  $\eta_{\text{заг}}$ , локальної стійкості будь-якої його частини  $\eta_{\text{вдл}}$ , стійкості раніше зміщених мас  $\eta_{\text{оп}}$ , стійкості щодо можливості утворення зсувів другого порядку в тілі раніше зміщеного зсуву  $\eta_{\text{II п}}$ , стійкості поверхневих утворень  $\eta_{\text{пов}}$ .

Результат аналізу коефіцієнта стійкості схилу та побудова графіків коливання для того самого схилу можуть мати не тільки різне середнє значення, а й різну амплітуду, а максимуми і мінімуми на них можуть наставати в різний час. Відповідно, у різний час небезпечною може бути інша поверхня ковзання. Тому варто розглядати режим стійкості щодо визначеного виду її порушення, а не режим стійкості схилу взагалі, тому що це поняття є невизначеним.

Новий зсув утвориться на схилі в той момент, коли графік режиму стійкості щодо відповідної поверхні ковзання вперше за історію існування цього схилу опуститься до критичного рівня  $\eta=1$ . Найчастіше це виникає за наявності тренда, тобто поступового зменшення середнього річного значення коефіцієнта стійкості. Аналіз графіків (рис. 2) дав підстави стверджувати, що наймовірнішим є збіг моменту досягнення граничної рівноваги з одним з річних мінімумів коефіцієнта стійкості (найчастіше – з періодом максимального водонасичення схилу). Однак якщо швидкість зміни середнього значення коефіцієнта стійкості значна, а амплітуди його річних коливань малі, то гранична рівновага може наступати в будь-який момент (наприклад, навіть у посушливу погоду). Якщо ж тренда нема, то зсув може виникнути тільки в тому випадку, коли максимальне негативне відхилення коефіцієнта стійкості досягне небувалого досі значення (наприклад, у разі виняткової кількості атмосферних опадів чи під час землетрусу незвичайної інтенсивності).

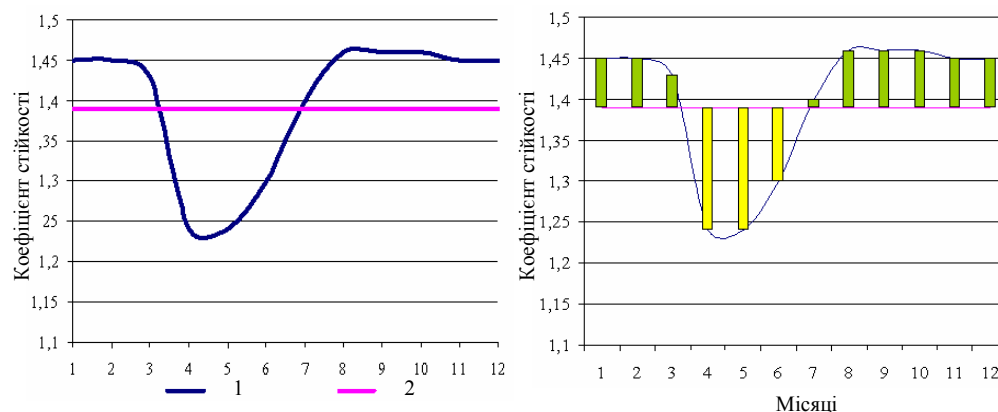


Рис. 2. Графік зміни коефіцієнта  $\eta$  протягом року. Значення: 1 – змінне; 2 – середнє.

Результатом такого опрацювання даних стало отримання прогнозу розвитку зсувів. Як бачимо з рис. 2, графіки мають більш-менш чітко виражену сезонну (річну) періодичність, на яку накладаються дрібні незакономірні коливання, зумовлені коливаннями погоди й інших умов. Крім того, можуть простежуватися нечасті й сильні коливання, наприклад, зумовлені сейсмічними поштовхами. Ми припустили, що графік може відображати тренд – поступове зменшення чи збільшення середнього значення коефіцієнта стійкості (наприклад, унаслідок підмивання схилу чи нагромадження наносів біля його підніжжя). На підставі аналізу отримано ділянки, де коефіцієнт різко знижувався. Для таких зон розроблено комплекс заходів щодо стабілізації схилів шляхом водовідведення та осушення їх, стабілізації товщі методом закріплення.

Різноманітність природних умов абсолютно унеможлиблювала стандартизацію схем протизсувних заходів стосовно якої-небудь ділянки схилу, оскільки не можливо врахувати всі особливості природної обстановки на гірськолижному курорті. Спроби вироблення “типових” або “стандартних” протизсувних заходів неминуче призведуть до формалістичних висновків і не можуть мати практичної цінності, а в окремих випадках навіть виявитися шкідливими.

Унаслідок збільшення техногенного навантаження на геологічне середовище, а також підтвердженого прогнозування збільшення кількості періодів надлишкового переволоження, зафіксовано щораз більшу небезпеку з огляду активацію зсувних процесів на території гірськолижного комплексу.

Окрім активних заходів захисту, подано пропозиції щодо моніторингу стану схилів, які мають близький до критичного коефіцієнт стійкості. Подібні спостереження необхідні для отримання даних про стан і розвиток зсувних деформацій як власне на схилі, так і на суміжній з нею території.

До таких спостережень потрібно зачислити:

- 1) періодичний обхід та огляд зсувного схилу і суміжної території (один-два рази в місяць);
- 2) систематичні спостереження за режимом підземних вод та джерел (раз у п'ять днів);
- 3) систематичні спостереження за змінами вологості ґрунтів та їхньою температурою на окремих ділянках схилу (раз у декаду);

- 4) систематичні спостереження на водомірних постах за коливаннями горизонту води в водотоках і водоймах, що підмивають основи схилів (щоденно або раз у п'ять днів);
- 5) періодичні заміри витрат рідкого і твердого стоків рік під час паводків, у період, коли вони минають, і в межень;
- 6) систематичні спостереження за рухом реперів, які спеціально встановлені на зсувному тілі;
- 7) періодичні спостереження за станом маячків та положенням опорних точок, які закладені в різноманітні інженерні споруди, розташовані як на схилі (витяги), так і на суміжній території (один раз у декаду).

Отже, на підставі отриманих унаслідок спостережень, у будь-який час можна виконати відповідний аналіз ходу зсувного процесу, виявити чинники, які позитивно чи негативно впливають на нього, а в деяких випадках – завбачити розвиток цього процесу в часі. Зрозуміло, що, маючи такий прогноз, можна вжити тих чи інших додаткових заходів охоронно-заборонного, інженерного чи будівельного характеру.

- 
1. Амброзяк М.В. Нові підходи до обстеження зсувонебезпечних ділянок // Матеріали Всеукр. наук. конф. студентів та аспірантів. К.: НАУ, 2008. С. 85–86.
  2. Гулякян К.А., Кюнцель В.В., Постоев Г.П. Прогнозирование оползневых процессов. М.: Недра, 1977. 135 с.
  3. Коган А.А. Инженерно-геологическое прогнозирование. М.: Недра, 1984. 196 с.
  4. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М., 1978. 326 с.
  5. Рудько Г.И., Губко Н.Д. Применение математического аппарата при прогнозировании оползней в глинистых отложениях Предкарпатья // Инженерная геология. 1989. № 3. С. 132–134.
  6. Рудько Г.И., Ерыш И.Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты): Монография. К.: Задруга, 2006. 624 с.

#### ASSESSMENT OF THE SLIPES RESISTANCE BY ENGINEERING OF THE MOUNTAIN-SKI COMPLEX

**Y. Adamenko, M. Ambroziak**

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,  
Karpats'ka St., 15, UA – 76019 Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Article is based on researches exogenous processes on mounting skiing resorts, methods of an estimation of stability of slopes, design precautionary actions, as a basis which engineering calculations and the time forecast of change of balance of the geological environment serve.

*Key words:* resort, slope, stability, landslip, exposition.

---

**ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ СКЛОНОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
ГОРНОЛЫЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**Я. Адаменко, М. Амброзяк**

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,  
ул., Карпатская, 15, г. Ивано-Франковск, Украина*

Исследовано экзогенные процессы на горнолыжных курортах, рассмотрены методы оценки стойкости склонов, проектные предохранительные меры, фундаментом которых являются инженерные расчеты и временной прогноз изменений состояния равновесия геологической среды.

*Ключевые слова:* курорт, склон, стойкость, оползень, экспозиция.

Стаття надійшла до редколегії 13.07.2008

Прийнята до друку 20.09.2008