

**М. Г. Демчишин, В. Д. Сукновський**

## **ОСНОВНІ ФАКТОРИ ДИНАМІКИ СХИЛІВ НА БИТКІВСЬКОМУ НАФТОПРОМИСЛІ**

*(Рекомендовано д-ром геол.-мінерал. наук А. Б. Ситніковим)*

Динамика склонов на території Бытковского нафतेпромысла в горноскладчатой области Карпат описана методами механики скальных пород. Рассмотрены также сейсмические воздействия на склоны, тектонические напряжения в присклоновых массивах, ползучесть осыпей и коллювиальных отложений, поверхностная ползучесть, глубинная ползучесть рыхлых и скальных пород, оползни, грязевые потоки.

Slope dynamics on the territory of Butkiv oil-field in Carpathian mountain-fold region are described by rock layer mechanic methods. Seismic action on slopes, tectonic intense in pre-slope massif, creeping of talus, superficial creeping, deep-laid creeping, friable and rock layers, heaves, mud streams are examined as well.

Перепади висот, градієнти схилів, конфігурація поверхні, фізико-механічні властивості порід, які є складовими присхилового масиву, внутрішні ослаблені поверхні і зони, внутрішні та зовнішні впливи визначають в цілому напруження стану масиву. Постійні зміни морфометричних параметрів схилів, стан порід присхилових масивів спричиняються змінами стану речовини земної кори, змінами внутрішніх та зовнішніх впливів, до яких відносяться перш за все гравітаційні і тектонічні процеси, вплив внутрішнього тепла Землі, кліматичні впливи. Все це обумовлює процеси вивітрювання та денудації, які протікають з різною інтенсивністю і по-різному впливають на схили.

В загальних рисах динаміка схилів виражається в постійному порушенні зовнішніми і внутрішніми впливами відповідно напруженого стану присхилових масивів міцності порід, які залягають в цих масивах, та приведення його у відповідність шляхом природного саморегулювання. Розподіл напруг в присхиловому масиві, їх співвідношення з міцністю порід визначають стан схилу та його поведінку в природних умовах [1].

Битківський нафтопромисел – це перш за все найскладніше поєднання поверхонь, які характеризуються різноманітними кутами нахилу щодо рівня поверхні геоїда, різноманітною експозицією, високим ступенем розчленованості і порушень первинних умов, високою динамічністю. Результатом формувань проблемних умов є порушення

напруженого стану схилу, підрізка і перевантаження його, зміна поверхневого і підземного стоків, динамічні навантаження, кліматичні і сейсмичні аномалії. Ступінь та інтенсивність взаємодії явищ, що впливають на інженерні комунікації, наслідки, які викликані цією взаємодією, визначаються багатьма факторами. По відношенню до схилу положення свердловини та качалки на ній безпосередньо на схилі пов'язано із створенням горизонтальних терас у вигляді напівнасіпів, забезпечення стійкості яких ускладнюється із збільшенням крутості схилу. Таке розміщення не гарантує безпеки і надійності роботи на нафтопромисловому об'єкті при розвитку масштабних процесів, які охоплюють весь схил від свердловини до русла струмка. Це все обумовило прояв осипу та зсуву у районі св. 202 Битківського нафтопромислу, які, в свою чергу, призвели до розривів і порушень водопроводів і зумовлюють руйнування схилу, який є фундаментом для насоса-качалки, незцементованої свердловини, нафтопроводів, і можуть вивести з ладу експлуатацію свердловини на тривалий час.

Для природних схилів на території України в межах гірськоскладчастих областей основною силою, що визначає напружений стан присхилових масивів, виступає сила гравітації [5]. Характерним для такого напруженого стану є нерівномірні стикові напруги, які тим більші, чим більший перепад висот і крутість схилів, що визначають їх гравітаційний градієнт або гравітаційний потенціал. Повна характеристика напруженого

© М. Г. Демчишин, В. Д. Сукновський, 2009

стану безкінечного напівпростору, обмеженого похилою площиною, буде визначатись нормальними і стиковими напругами. Напряга в будь-якій точці присхилового масиву з врахуванням трьох координат простору визначається тензором напруг, який описується матрицею такого вигляду:

$$T_{\dot{\sigma}} = \begin{pmatrix} P_x & \dot{\sigma}_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ P_y & \tau_{yx} & \dot{\sigma}_y & \tau_{yz} \\ P_z & \tau_{zx} & \tau_{zy} & \dot{\sigma}_z \end{pmatrix} \quad (1)$$

де  $P_x, P_y, P_z$  – елементарні напруги на осях координат;  $\dot{\sigma}_x, \dot{\sigma}_y, \dot{\sigma}_z$  – нормальні напруги;  $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$  – дотичні напруги.

При відсутності дотичних напруг, коли тензор відноситься до головних осей, його можна записати так:

$$T_{\dot{\sigma}} = \begin{pmatrix} \dot{\sigma}_x & 0 & 0 \\ 0 & \dot{\sigma}_y & 0 \\ 0 & 0 & \dot{\sigma}_z \end{pmatrix} \quad (2)$$

Тензор середніх напруг при гідростатичних напругах в точці описується подібною матрицею з позначенням нормальних напруг (шаровий тензор).

Відхилення напруженого стану від гідростатичного обумовлюються наявністю дотичних напруг і різниці між нормальними напругами та їх середніми значеннями:

$$S_x = \dot{\sigma}_x - \dot{\sigma}_n; S_y = \dot{\sigma}_y - \dot{\sigma}_n; S_z = \dot{\sigma}_z - \dot{\sigma}_n. \quad (3)$$

Тензор напруженого стану, який відрізняється від гідростатичного, називається девіатором напруг та записується в вигляді

$$D_{\dot{\sigma}} = \begin{pmatrix} S_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & S_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & S_z \end{pmatrix} \quad (4)$$

Таким чином, напряга в окремій точці присхилового масиву визначається сумою шарового тензора і девіатора напруг:

$$T_{\dot{\sigma}} = T_{\dot{\sigma}}^{\circ} + D_{\dot{\sigma}}. \quad (5)$$

Всі компоненти напруженого стану в присхиловому масиві змінюються від точки до точки від поверхні схилу до глибини прис-

хилового масиву в основному внаслідок зменшення девіатора напруг.

Дотичні напруги, які викликані гравітаційною силою, концентруються в зонах, що прилягають до поверхні схилу та його основи. У міру віддалення від місця перепаду висот дотичні напруги зменшуються і теоретично девіатор напруг в однорідному масиві зводиться до нуля. В масивах порід незалежно від нерівності поверхні дотичні напруги проявляються через неоднорідності геологічної будови, варіації щільностей, наявність порушень цілісності, послаблених зон та дій тектонічних сил.

На перший погляд можна вважати, що просторова мінливість напруженого стану порід у присхиловому масиві обмежена зоною впливу гравітаційного градієнта. За межами цієї зони мінливість визначається лінійним збільшенням з глибиною головних напруг та їх вирівнюванням до гідростатичних. Питання визначення напруженого стану присхилового масиву в реальних умовах є надзвичайно складним, до теперішнього часу недостатньо дослідженим (!). Робились спроби визначення напруги в масивах порід безпосередньо шляхом замірів. Така задача, як зазначає Н. А. Цитович [6], технічно дуже складна, так як занесення в ґрунт стороннього тіла (вимірювача напруги) може змінити напружений стан місця, яке розглядають. Багато зусиль дослідниками було витрачено для з'ясування картини напруженого стану присхилового масиву за допомогою побудов різноманітних фізичних моделей. Однак здебільшого надзвичайно складно, а інколи практично неможливо при моделюванні зберегти всі суттєві для природних умов деталі [4], а саме: інженерно-геологічні особливості геологічних тіл, просторовість (тривимірність) масиву і процесів та ін. Тому вирішити задачу визначення напруженого стану присхилового масиву можна тільки непрямым методом, вираховуючи маси порід, їх властивості, топографію поверхні масиву, топографію поверхонь та зон послаблення в присхиловому масиві. При цьому слід враховувати таке:

- розриви цілісності порід викликають розриви цілісності поля напруг;
- напруги не передаються від частин схилів, складених корінними породами, до частин схилів, представлених пухкими поро-

дами, тобто, коли щільність якоїсь частини породного масиву, перевищує напруги, останні не впливають на прилягаючий слабший масив, якщо такий не залягає в основі схилу [3].

Для подальшого аналізу напруженого стану присхилового масиву необхідно враховувати зв'язок напруг і деформацій, математичну подібність між законами переходу напруг і деформацій, те, що результати, отримані для напруг, можуть за аналогією легко замінюватись для деформацій [2]. Варто враховувати також, що всі визначення напруг практично виконуються тільки через заміри деформацій.

Відомо, що при відсутності напруг нема і деформацій. Для практичних цілей можна мати і протилежне – при відсутності деформацій в певній частині масиву нема і напруг. Приймаючи це положення, можна вважати, що в однорідному ґрунтовому масиві напруга від особистої маси буде проявлятися тільки на певній глибині, де величина нормальної напруги  $\sigma = \varphi H$  буде викликати деформації. В випадку неоднорідної будови при розривах цілісності породного масиву напруги повною мірою будуть концентруватися в місцях його послаблення.

В присхиловому масиві поява тріщин, послаблених поверхонь і зон обумовлює ви-

никнення і концентрацію напруг, які призводять до розвитку пластичних зон, деформацій, порушень цілісності, переміщень. Положення та орієнтація послаблених поверхонь і зон сильно впливають на розвиток напруг і порушення схилу. При однакових розмірах зон і величин послаблень співвідношення утримуючих і рушійних сил по поверхні ковзання буде різним залежно від положення послабленої зони. Це положення підтверджується розрахунком стійкості схилу з прийнятими зменшеними значеннями показників щільності  $\varphi$  і  $C$ , по чергово на кожній ділянці поверхні ковзання. Схеми і результати таких розрахунків наведені на рис. 1.

Розрахунки показують, що розміщення й орієнтація послабленої поверхні значною мірою впливають на значення коефіцієнта стійкості, причому зменшення кута внутрішнього тертя відображається більше, ніж зменшення щеплення. Більш складною буде картина зміни стійкості схилу з врахуванням об'ємного характеру деформацій схилів та зміщення порід на схилах.

В елементарному випадку (рис. 2) стійке розміщення маси порід на похилій поверхні визначається системою різноманітних комбінацій її зв'язків з основним

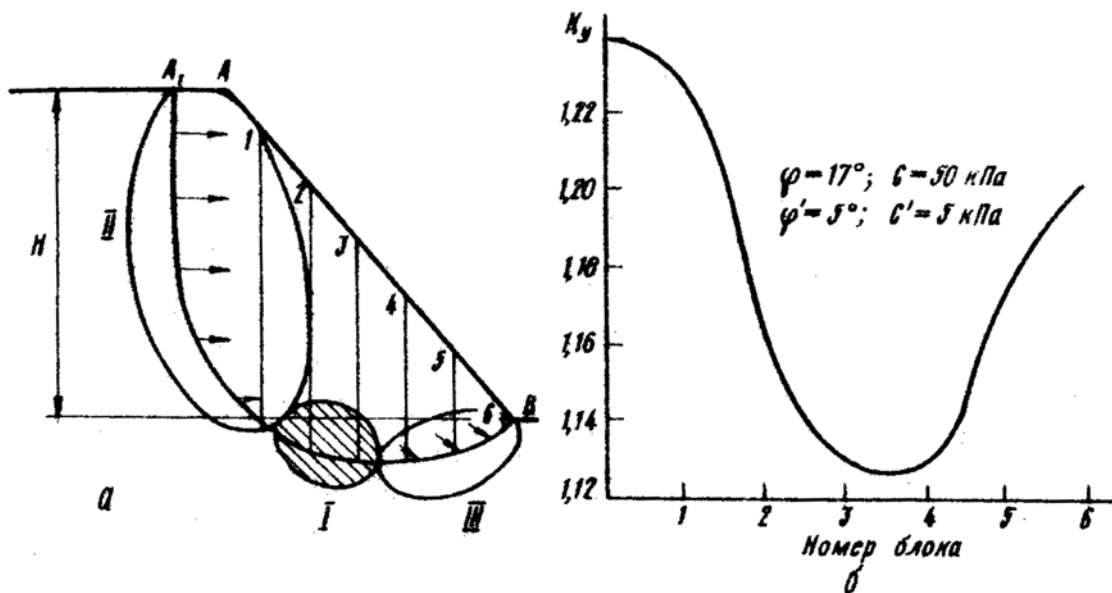


Рис. 1. Зміна стійкості схилу залежно від розміщення послабленої зони щодо поверхні ковзання: а – поверхня послаблення в присхиловому масиві (I – послаблена поверхня; II, III – зони концентрації напруг; 1–6 – номери розрахункових блоків клину, який зсунувся); б – графік залежності коефіцієнта стійкості схилу від розміщення ділянки послаблення поверхні під розрахунковими блоками 1–6

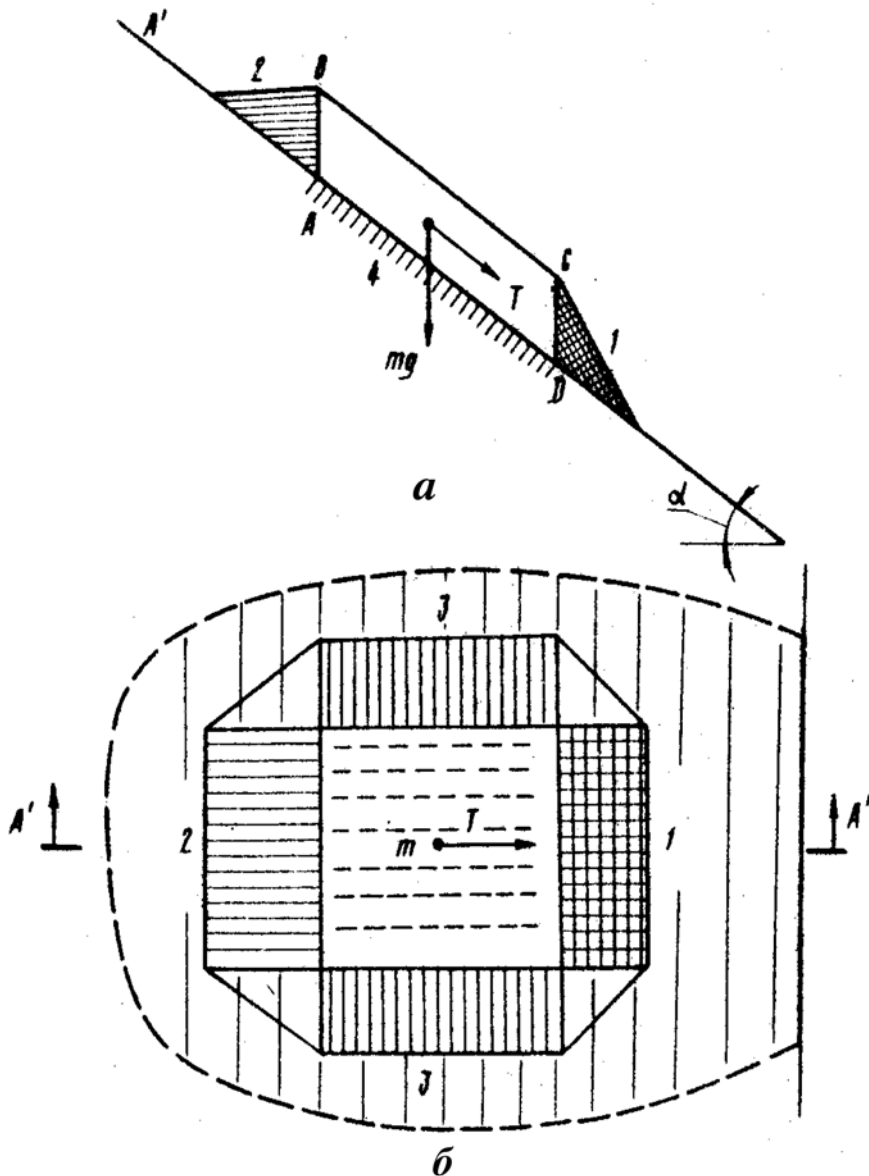


Рис. 2. Зв'язки, які утримують тіло на похилій поверхні: а – профіль; б – план; 1 – підпірка; 2 – підвіска; 3 – затискач; 4 – щеплення

масивом. Від переважання тих чи інших зв'язків по-різному будуть визначатися напруги, передаватися зусилля, які походять від маси ґрунту.

В загальному випадку розвитку процесу руйнування проходить декілька стадій, які зіставляються зі стадіями зсувів:

- пластичні деформації в послабленому об'ємі порід або на контурах послабленої зони (поверхні), в місцях концентрації напруг (стадія підготовки зсуву);
- концентрація деформацій на контурах послабленого масиву (послабленої зони),

відрив масиву та рух (стадія основного переміщення);

– руйнування (розчленування) маси, яка відірвалась, та зупинка руху.

Добре відомим фактом, як запевняє А. Е. Шейдеггер [7], є те, що при великих катастрофічних зсувах коефіцієнт внутрішнього тертя зменшується зі збільшенням об'єму порід, що зміщуються. На основі аналізу 33 катастрофічних зсувів виведена емпірична залежність коефіцієнта тертя від об'єму мас, що переміщуються:

$$\lg f = a \lg V + b, \quad (6)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя;  $V$  – об'єм порід, що переміщуються;  $a = -0,15666$ ;  $b = 0,62419$ .

Коефіцієнт кореляції в цій залежності становить 0,82. Стандартні відхилення даних від кореляційної лінії – 0,14298.

Така формула при відомих об'ємах рухомого матеріалу на схилах може орієнтовно слугувати для оцінки швидкості та величини зміщення. Можливість зменшення коефіцієнта тертя зі збільшенням об'єму рухомого матеріалу має прийматися в розрахунок при запасах його, які перевищують 100 тис. м<sup>3</sup>. Звичайно, що така залежність застосовується тільки для гірських схилів зі значною крутістю і протяжністю.

Контроль стану схилів, прогноз і передбачення зсувних явищ вимагають своєчасного виявлення послаблених поверхонь і зон у масивах порід, недопущення формування послаблених (перезвожених) порід на схилах в об'ємах, які перевищують критичні. Виходячи із значень критичних об'ємів, можна розрахувати допустимі норми зволоження присхилового масиву з поверхні в окремих частинах профілю схилу.

1. Демчишин М. Г. Современная динамика склонов на территории Украины. – Киев: Наук. думка, 1992. – 256 с.
2. Дидух Б. Н. Анализ развития упруго-пластических деформаций в грунтовых массивах // Тр. Ун-та дружбы народов. – 1977. – Вып. 84. – С. 32–57.
3. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов. – М. : Недра, 1972. – 307 с.
4. Семь катастроф: (По материалам статьи Деля Тая "Семь катастроф мира" из журнала "Science et Vie") // Наука и жизнь. – 1977. – № 12. – С. 82–87.
5. Харр М. Е. Основы теоретической механики грунтов. – М. : Стройиздат, 1971. – 320 с.
6. Цытович Н. А. Механика грунтов. – М. : Высш. шк., 1973. – 274 с.
7. Шейдеггер А. Е. Физические аспекты природных катастроф / Пер. с англ. – М. : Недра, 1981. – 232 с.

Ін-т геол. наук НАН України,  
Київ  
E-mail: even-eser@bk.ru

Стаття надійшла  
25.06.07