

# ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 556.3:624.137.2(1-21)

О. Кошляков, д-р геол. наук, проф., зав. каф.,  
E-mail: kosh57@ukr.netО. Диняк, канд. геол. наук, доц.,  
E-mail: oksdyn@ukr.netІ. Кошлякова, пров. інженер,  
E-mail: irkos@ukr.netКиївський національний університет імені Тараса Шевченка  
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, УкраїнаТ. Кошлякова, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.,  
E-mail: geol@bigmir.netДУ "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України"  
пр. Палладіна, 34-а, м. Київ-142, 03680, Україна

## ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКІВ СТІЙКОСТІ УКОСІВ І СХИЛІВ У МЕЖАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

*(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.М. Коржневим)*

*Розглядається питання врахування впливу підземних вод на стійкість укосів і схилів. Актуальність дослідження викликана тенденцією збільшення частоти проявів екзогенних геологічних процесів унаслідок техногенного впливу. Своєчасне виявлення небезпечних ділянок і застосування заходів з метою запобігання розвитку зсувних процесів дозволить уникнути значних збитків. Важливим чинником, що безпосередньо впливає на прогноз, є достовірний розрахунок стійкості та адекватна інтерпретація результатів залежно від вибору методу розрахунку. Різні методи розрахунків, різна складність їхнього виконання та неоднозначність результатів посилюють проблему, особливо це стосується коливання рівня ґрунтових вод та його подальшого впливу на параметри стійкості. Проаналізовано існуючі методи розрахунку стійкості укосів і схилів, зокрема з урахуванням часових змін рівня ґрунтових вод. Доводиться, що подальше підвищення достовірності й точності результатів розрахунків у першу чергу залежить від удосконалення методів визначення водно-фізичного стану ґрунтів і гідродинамічних особливостей руху підземних вод. Авторами обґрунтовано необхідність урахування величини інтенсивності інфільтраційного живлення підземних вод при прогнозуванні оцінці рівня підземних, особливо ґрунтових вод. Досліджено роль техногенної складової інфільтраційного живлення внаслідок утрат з водних комунікацій, зокрема на локальних ділянках, що в подальшому віддзеркалюється на обґрунтуванні запобіжних інженерних заходів.*

*Ключові слова: інфільтрація, стійкість укосів і схилів, ґрунтові води, інфільтраційне живлення підземних вод.*

**Вступ.** Зростання рівня урбанізації міст, забезпечення комфортності проживання населення, концентрація будівель і споруд в обмеженому просторі та інші фактори призводять до значного техногенного навантаження на геологічне середовище, що, у свою чергу, викликає розвиток екзогенних процесів, таких як зсуви, ерозія та суфозійно-просідні процеси, а також заболочування. Проблема вивчення таких негативних геологічних процесів і охорона природного середовища як сфери проживання, збереження житла та архітектурно-історичного і культурного надбання країни протягом останнього часу набули особливого значення. Тому комплексна еколого-геологічна оцінка території міст, які підпадають під вплив сучасних геологічних процесів з використанням сучасних технологій та методик, у тому числі із застосуванням геоінформаційних технологій, є важливим завданням у справі запобігання та прогнозування цих руйнівних явищ.

На сьогодні спостерігається тенденція збільшення частоти прояву екзогенних геологічних процесів унаслідок техногенного впливу, зокрема у м. Києві. Щороку нараховуються десятки випадків більш-менш великих переміщень ґрунтових масивів, які, у свою чергу, також призводять до руйнувань або можуть служити причинами розвитку подальших масштабніших зсувних явищ.

Своєчасним обстеженням схилів, виявленням небезпечних ділянок і віднесенням їх до зсувонебезпечних територій з одночасним дотриманням певних правил використання схилу та прилеглих до нього ділянок можна уникнути значних збитків. Загалом слід виходити з положення, що проблема зсувів є проблемою схилів, особливо, коли в результаті господарської діяльності порушені природні умови, що склалися.

Існуючі методи розрахунку стійкості укосів і схилів, особливо з урахуванням часових змін рівня ґрунтових вод, потребують аналізу і доопрацювання з метою врахування чинників, що можуть призвести до порушення стійкості геотехнічної системи "схил-ґрунтовий масив". Тому актуальним науково-практичним завданням

протягом багатьох років для кафедри гідрології та інженерної геології Київського національного університету імені Тараса Шевченка є питання вивчення геомеханічних процесів масиву в умовах змін рівня підземних вод та вдосконалення методу розрахунку ґрунтових схилів з урахуванням міської забудови (Кошляков, 2002).

**Викладення основного матеріалу.** У зв'язку з розширенням площі міст забудовуються ділянки, які раніше вважалися для цього непридатними. Проте використання цих територій, у тому числі природних схилів, може дати значний економічний і соціальний ефект. Однак такі схили можуть бути небезпечними щодо розвитку зсувів.

Одним з найважливіших чинників, що безпосередньо впливає на прогнози стійкості укосів при використанні його для будівництва, є достовірний розрахунок стійкості й адекватна інтерпретація його результатів залежно від вибору методу розрахунку. Аналіз стійкості схилів і укосів зводиться до визначення величини коефіцієнта стійкості, зсувного тиску, а також положення і форми лінії ковзання. Сучасні методи розрахунку стійкості укосів і схилів пропонують різні підходи для вирішення поставленого перед ними завдання, що відповідно дає підстави розглядати адекватність отриманих результатів і співвідношення між ними. Як приклад можна навести застосування ГІС для складання карти-схеми районування ділянки території правого схилу в межах м. Києва за ступенем зсувної небезпеки. Перевагою використання при цьому ГІС-технологій є можливість зіставлення різних за характером впливу чинників без залучення складного математичного апарату та наочна ілюстрація результатів.

Існуючі аналітичні та чисельні методи розрахунку, навіть в умовах сучасних удосконалень, дають різницю в значеннях отриманих результатів. Трагування цих результатів і вдосконалення методів розрахунку – предмет для обговорення й аналізу багатьма вченими. Різноманіття існуючих методів розрахунку, різна складність їхнього виконання і неоднозначність результатів посилюють проблему, особливо що стосується коливання

рівня ґрунтових вод та його подальшого впливу на параметри стійкості.

Для розрахунків стійкості укосів і схилів на основі результатів інженерно-геологічних вишукувань використовуються встановлені дані про фізичні й міцнісні властивості ґрунтів для двох категорій – граничного стану за несучої здатності та деформацій відповідно. Залежно від виду розрахунку використовують одну з категорій з відповідними розрахунковими параметрами ґрунту. Згідно з вимогами нормативних документів беруться такі розрахункові характеристики ґрунту і зовнішнє навантаження, які забезпечують урахування найгірших умов.

Неправильні вхідні розрахункові величини характеристик ґрунтів за результатами інженерно-геологічних вишукувань призводять до виникнення похибок, унаслідок чого кінцеві результати розрахунків будуть неточними і мати зазвичай завищені значення. Останнє сприяє подальшому некоректному проектуванню споруд, що, у свою чергу, може призвести до небажаних ситуацій.

Таким чином, важливо визначити, як впливає використання різних значень розрахункових характеристик ґрунтів на розрахунок стійкості, і як на підставі цього правильно оцінити ситуацію з метою отримання найбільш достовірних результатів.

Дія підземних вод на стан зсувного схилу проявляється та враховується різними шляхами, викликаючи зміну напруженого стану масиву і фізико-механічних властивостей ґрунтів, а також обумовлюючи розвиток фільтраційних деформацій (Гинзбург, 1986).

Перший підхід передбачає, що підземні води, насичуючи породи, змінюють їхні фізико-механічні властивості й зокрема міцнісні показники, зменшуючи опір гірських порід зсуву. Крім того, підземні води, змочуючи можливі поверхні ковзання, відіграють роль мастила і також впливають на зменшення сил тертя. У першому способі врахування гідростатичного зважування і гідродинамічної сили виконується окремо.

Другий спосіб виходить із того, що підземні води вважують мінеральний скелет гірських порід. Це викликає зменшення нормальних напружень у площині ковзання і може призвести майже до повного зняття тертя вздовж цієї поверхні. При цьому співвідношення між нормальним і дотичним напруженням уздовж всієї поверхні ковзання визначається відомим рівнянням Кулона (1) з урахування зменшення дотичного напруження по поверхні ковзання за рахунок утворення надлишкового тиску в поровому розчині (воді):

$$\tau = (\sigma - u) \tan \varphi + c, \quad (1)$$

де  $\tau$  – дотичне напруження;  $\sigma$  – нормальне напруження;  $u$  – надлишковий тиск у поровому розчині (воді);  $c$  – розрахункове значення кута внутрішнього тертя;  $\varphi$  – розрахункові значення питомого зчеплення ґрунту.

За умови зростання порового тиску величина  $(\sigma - u)$  може виявитися рівною нулю, і тоді опір породи зсуву буде залежати тільки від зчеплення  $c$ , без урахування кута внутрішнього тертя  $\varphi$ .

При такому підході врахування гідродинамічних і зважувальних сил ґрунтується на їхній заміні еквівалентними контурними силами і для практичних оцінок стійкості схилу є більш зручним. Для підтопленого схилу до формули мають додатково вводитися сили гідростатичного тиску, які перпендикулярні до затопленої поверхні схилу.

Підкреслимо, що й гідродинамічна і зважувальна сили є об'ємними, і тому можуть додаватися до власної ваги гірських порід. Гідростатичні і гідродинамічні сили визначаються за величиною та напрямком і підсумовуються по всьому зсувному тілу, виходячи з їхньої питомої

(об'ємної) інтенсивності. Гідростатичне зважування враховується при визначенні об'ємної ваги порід, що становлять зсувне тіло: вище рівня підземних вод власна вага зсуву встановлюється на основі використання об'ємної ваги порід за природної вологості, а вага частини зсуву розташованого між кривою депресії й поверхнею ковзання визначається з урахуванням зважування.

Інтенсивність і напрямок дії гідродинамічних сил устанавлюються по сітці фільтрації, яка може бути побудована в результаті аналітичних розрахунків або методом моделювання.

Важливим чинником, що впливає на стійкість схилів, є прояв фільтраційного тиску підземних вод. Фільтраційний тиск виникає за умови руху підземних вод, наявності градієнта, ухилу поверхні ґрунтових вод. Зазвичай підземний потік спрямований в напрямку поверхні схилу, при цьому товща, що становить схил, зазнає впливу фільтраційного тиску, який збігається із зсувним тиском. Відповідно фільтраційний тиск є одним із факторів, що спричиняє розвиток зсувних процесів. Крім фільтраційного тиску, потік підземних вод також сприяє процесам кольматації й суфозії ґрунтів, які, у свою чергу, можуть впливати на стійкість схилів. За рахунок кольматації може збільшуватися поровий тиск, за рахунок суфозії відбувається розуцільнення та зниження міцнісних характеристик ґрунтів.

Дію фільтраційного тиску можна розглянути для випадку, коли через нахилений пласт гірських порід, що залягає на водотриві, паралельному поверхні, фільтрується водний потік, який повністю заповнює пласт, і лінії течії води паралельні поверхні укосу (рис. 1). Цей випадок є найбільш простим, але дозволяє наочно представити суть процесу, який розглядається і, крім того, має практичне значення, тому що використовується при розв'язанні задач про стійкість зсувних схилів як одне із припущень (Koshliakov *ma in.*, 2017).

За умови, коли вода повністю насичує пори нахиленого пласта, верхня лінія течії збігається з поверхнею схилу, а нижня – з площиною ковзання. Тоді різниця напорів  $h$  між двома еквіпотенціальними лініями дорівнюватиме різниці відміток точок, розташованих на якій-небудь лінії течії  $\Delta h = z_1 - z_2$ . Відповідна довжина лінії току дорівнюватиме

$$\Delta l = \Delta h / \sin \beta = (z_1 - z_2) / \sin \beta, \quad (2)$$

де  $\beta$  – кут нахилу лінії течії. А гідралічний градієнт дорівнюватиме

$$I = \Delta h / \Delta l = \sin \beta. \quad (3)$$

Оскільки нахил поверхні ковзання і нахил лінії течії збігаються, тобто  $\alpha = \beta$ , то градієнт  $I = \sin \alpha$ .

Гідродинамічний (фільтраційний) тиск на одиницю об'єму гірських порід дорівнює градієнту, помноженому на об'ємну вагу води  $\gamma_e$

$$f = I \gamma_e = \gamma_e \sin \alpha, \quad (4)$$

а загальний тиск на скелет гірської породи об'ємом  $V$  буде дорівнюватиме

$$\Phi = V \gamma_e \sin \alpha. \quad (5)$$

Цей тиск спрямований вздовж лінії течії, а в нашому випадку і вздовж поверхні укосу і ковзання і є зсувною силою.

За умови рівноваги деякого об'єму  $V$  нахиленого пласта водонасичених гірських порід вага гірської породи в об'ємі  $V$  з урахуванням зважування дорівнює

$$P = (\gamma - \gamma_e) V, \quad (6)$$

де  $\gamma$  – об'ємна вага водонасиченої породи.

Тоді зсувна складова  $S$  цієї ваги направлена паралельно поверхні ковзання вниз і дорівнює

$$S = P \sin \alpha = (\gamma - \gamma_e) V \sin \alpha. \quad (7)$$

Нормальна до поверхні ковзання складова

$$N = P \cos \alpha = (\gamma - \gamma_e) V \cos \alpha. \quad (8)$$

Загальна зсувна сила складається із зсувної складової ваги і гідродинамічного тиску ( $S + \Phi$ ), а утримуюча сила дорівнює силі тертя

$$T = N \operatorname{tg} \varphi = (\gamma - \gamma_e) V \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi, \quad (9)$$

але за умови відсутності зчеплення. У протилежному випадку слід врахувати силу зчеплення  $C = cl$ , де  $l$  – довжина поверхні ковзання, на яку спирається блок.

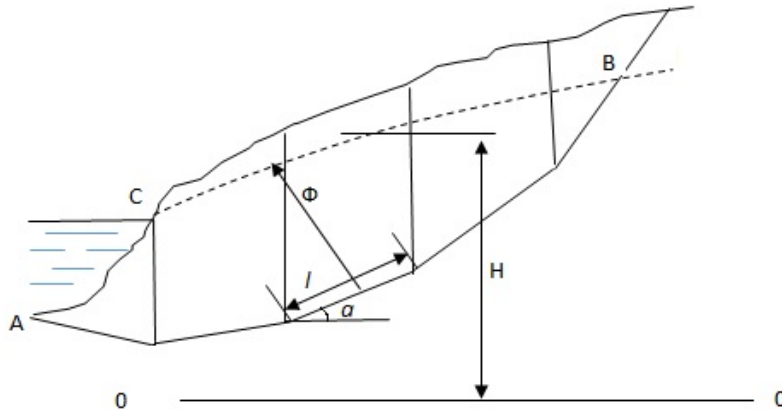


Рис. 1. Схема для визначення гідродинамічного тиску:

AB – поверхня ковзання; СВ – крива депресії; Н – гідродинамічний напір; α – кут нахилу поверхні ковзання; l – довжина дуги ковзання; Φ – фільтраційні сили

Коефіцієнт стійкості пласта об'ємом  $V$  дорівнює відношенню утримуючих сил до зсувних

$$K_y = \frac{(\gamma - \gamma_e) V \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{(\gamma - \gamma_e) V \sin \alpha + V \gamma_e \sin \alpha} = \frac{(\gamma - \gamma_e) \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\gamma \sin \alpha} = \frac{(\gamma - \gamma_e) \operatorname{tg} \varphi}{\gamma \operatorname{tg} \alpha}. \quad (10)$$

За відсутності фільтраційного і зваженого тиску цей коефіцієнт дорівнює

$$K_y = \frac{N \cdot \operatorname{tg} \varphi}{S} = \frac{\gamma V \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\gamma V \sin \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (11)$$

Отже, за умови насичення водою гірських порід, що становлять схил, коефіцієнт стійкості знижується у  $\gamma/(\gamma - \gamma_e)$  разів, тобто у стільки разів, у скільки вага скелета ґрунту в повітрі більше ваги скелета ґрунту, зваженого у воді.

Оцінка впливу гідростатичного зважування і гідродинамічного тиску може бути здійснена принаймні двома різними, але рівнозначними способами. В обох способах зсувні характеристики гірських порід вздовж поверхні ковзання беруться за умови їхнього повного водонасичення. Тому обґрунтоване визначення прогнозного розташування рівня підземних вод при визначенні стійкості масиву є важливим практичним завданням.

Прогноз рівня підземних, у першу чергу, ґрунтових вод може бути виконаний або за допомогою статистичного моделювання, або детермінованого.

Так, наприклад, статистична модель була застосована Е.Д. Кузьменком та ін. (Кузьменко та ін., 2017). Тут для визначення рівня ґрунтових вод використана отримана авторами за даними режимних спостережень залежність між рівнем ґрунтових вод і величиною атмосферних опадів. При застосуванні статистичної моделі слід урахувувати, що її точність напряму залежить від тривалості та кількості режимних спостережень, а завдання виявлення та правильної інтерпретації чинників формування рівня є доволі складним. Крім того, можлива поява в майбутньому нового чинника (напр., утрати з технічних водних комунікацій) у такій моделі не врахована.

У випадку детермінованого моделювання прогнозне розташування поверхні ґрунтових вод однозначно визначається шляхом розв'язання диференціального рівняння геофільтрації (крайової задачі геофільтрації). Але й тут виникає проблема точної інтерпретації чинників формування рівня. Розглянемо це питання докладніше.

Наприклад, згідно з передумовою Дююї реальний тривимірний потік підземних вод з практичних позицій можна розглянути як двовимірний (плановий), що значно спрощує математичний опис (Кошляков, 2002). Для потоку ґрунтових вод (безнапірного потоку) рівняння має вигляд

$$\frac{\partial}{\partial x} (K_x \cdot h \frac{\partial H}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \cdot h \frac{\partial H}{\partial y}) + W = \mu \frac{\partial H}{\partial t}, \quad (12)$$

де  $K_x, K_y$  – коефіцієнти фільтрації шару в напрямках осей координат;  $h$  – потужність потоку ґрунтових вод;  $W$  – інтенсивність інфільтраційного живлення потоку;  $\mu$  – коефіцієнт гравітаційної водовіддачі гірської породи.

Для умов усталеного руху потоку рівняння (1) перетворюється в таке:

$$\frac{\partial}{\partial x} (K_x \cdot h \frac{\partial H}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \cdot h \frac{\partial H}{\partial y}) + W = 0. \quad (13)$$

Параметри рівнянь (2) і (3) зазвичай на практиці визначаються шляхом розв'язання оберненої задачі. При цьому часто береться, що  $K_x = K_y = K = \text{const}$  (однорідний чи кусково-однорідний потік). У такому разі в результаті розв'язання маємо комплексний параметр  $W/K$ , що застосовується у прямій задачі для прогнозного визначення рівня ґрунтових вод.

Слід звернути увагу, що рівень ґрунтових вод визначається однозначно при різних величинах  $K$  та  $W$ , які дають однаковий сумарний результат  $W/K$ . Тому неясно, який чинник формування рівня ґрунтових вод – живлення за площею (визначається  $W$ ) чи боковий приплив (визначається  $K$ ) є домінуючим. Ця неоднозначність не дозволяє обґрунтовано пропонувати запобіжні інженерні заходи з регулювання рівня ґрунтових вод.

Як приклад можна розглянути ситуацію на ділянці території біля Успенського Собору Києво-Печерської Лаври. За даними (Кошляков, 2002), величина  $W/K$  становить приблизно 0,0002, а коефіцієнт фільтрації  $K$  приблизно

дорівнює 0,05 м/добу. Відповідно інтенсивність інфільтраційного живлення  $W$  становить 0,00001 м/добу, отже, питомий боковий приплив дорівнює 0,00675 м<sup>2</sup>/добу. Але якщо коефіцієнт фільтрації  $K$  взяти рівним 0,01 м/добу (що також добре погоджується з вивченістю літолого-гідрогеологічною розрізу), інтенсивність інфільтраційного живлення  $W$  становитиме 0,000002 м/добу, а питомий боковий приплив зменшиться у п'ять разів (становитиме 0,00135 м<sup>2</sup>/добу). Таким чином, занижене порівняно з прийнятим значення коефіцієнта фільтрації призведе до помилково заниженої оцінки ролі живлення за площею (зокрема, негативної ролі техногенного живлення внаслідок утрат з водних комунікацій) та питомого бокового припливу, що в подальшому віддзеркалиться на об'єктованих запропонованих запобіжних інженерних заходів.

На сьогодні суттєве живлення ґрунтових вод на території міст відбувається за рахунок техногенних факторів, зокрема за рахунок утрат з водопровідної та каналізаційної мереж, а також інфільтрації техногенних вод. За даними Київського НДІ загальної та комунальної гієни ім. Марзеєва, (Мироненко, Шестаков, 1986) втрати водопровідної води становлять 121–181 тис. м<sup>3</sup>/добу або 10–14 % від кількості води, спрямованої на водоподачу, а втрати води промисловими підприємствами (за даними Укрводканалпроекта) становлять близько 149 м<sup>3</sup>/добу або 7,1 % від водоспоживання. Слід зазначити, що величина втрат з водопровідних і каналізаційних мереж збільшується зі збільшенням часу експлуатації останніх.

За даними досліджень авторів у Києві втрати з водних мереж становлять 45–55 %. У межах міст ґрунтові води отримують більшу величину живлення за рахунок техногенних факторів, ніж та, яку може отримати потік за рахунок атмосферних опадів у природних умовах (Koshlyakov et al., 2010). До того ж, це живлення не є рівномірним, а зосереджене відповідно до розміщення джерел поповнення і викликає підйом рівнів ґрунтових вод на локальних ділянках. Виходячи з обмеженості за площею таких ділянок і відсутності спостережної мережі, виявити такі ділянки досить складно. Але вони виявляються в результаті накладання карт-схем гідроізогіпс і карт-схем водопровідних і каналізаційних мереж за допомогою ГІС.

#### Висновки

1. Подальше підвищення достовірності й точності результатів розрахунків стійкості укосів і схилів у першу чергу залежить від вдосконалення методів визначення водно-фізичного стану ґрунтів і гідродинамічних особливостей руху підземних вод, а не від удосконалення математичних методів розрахунку.

2. Традиційне визначення вхідних гідрогеологічних параметрів для подальших розрахунків шляхом розв'язання

обернених задач або за допомогою непрямих методів не дозволяє обґрунтовано пропонувати запобіжні інженерні заходи з регулювання рівня ґрунтових вод. Так, занижене, порівняно з дійсним, значення коефіцієнта фільтрації може призвести до помилково заниженої оцінки ролі живлення за площею (зокрема негативної ролі техногенного живлення внаслідок утрат з водних комунікацій).

3. Першочерговим практичним завданням з оцінки стійкості схилів на сьогодні є вивчення в натурних умовах величини інтенсивності інфільтраційного живлення підземних вод і динаміки руху вологи в зоні аерації. Визначення лише вологості ґрунтів і динаміки рівня підземних вод, як це робиться сьогодні, в умовах техногенного впливу є недостатнім.

#### Список використаних джерел

- Гинзбург, І.К. (1986). Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона оползневого давления. М.: СБНТИ.
- Кošляков, О. (2002). Оцінка наслідків баражного ефекту від пальфундаменту Успенського Собору. Вісник Київського національного університету. Геологія, 22, 123 – 126.
- Кузьменко, Э., Давыбида, Л., Зинченко, В., Никиташ, А., Яковлев, Е. (2017). Источники питания и динамика уровней грунтовых вод на правом берегу Киевского водохранилища. Вісник Київського національного університету. Геологія, 76, 66 – 74.
- Мироненко, В.А., Шестаков, В.М. (1986). Основы гидрогеомеханики. Москва.
- Koshlyakov, O., Dyniak, O., Koshlyakova, I. (2017). Technogenic infiltration nutrition component under groundwater as a factor the emergence and activation of dangerous exogenous processes in industrial and city agglomerating territories. Abstract of XI International Scientific Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of Environment, Kyiv, Ukraine.
- Koshlyakov, O., Mokienko, V., Dyniak, O., Koshlyakova, I. (2010). Estimation of intensity of infiltration feed of subsoil waters on territory Kyiv from data of design of geofiltration. Abstract of 9-th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Kiev, Ukraine.

#### References

- Ginzburg, I.K. (1986). Recommendations on the choice of methods for calculating the coefficient of slope stability and landslide pressure. M.: СBNTI. [in Russian]
- Koshlyakov, O. (2002). An assessment of the effects of the barrage's effect from the piles of the Uspensky Cathedral. Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology, 22, 123-126. [in Ukrainian]
- Koshlyakov, O., Dyniak, O., Koshlyakova, I. (2017). Technogenic infiltration nutrition component underground water as a factor the emergence and activation of dangerous exogenous processes in industrial and city agglomerating territories. Abstract of XI International Scientific Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of Environment, Kyiv, Ukraine.
- Koshlyakov, O., Mokienko, V., Dyniak, O., Koshlyakova, I. (2010). Estimation of intensity of infiltration feed of subsoil waters on territory Kyiv from data of design of geofiltration. Abstract of 9-th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Kiev, Ukraine.
- Kuzmenko, E., Davybyda, L., Zinchenko, V., Nikitash, A., Yakovlev, E. (2017). Power sources and dynamics of groundwater levels on the Right bank of the Kyiv reservoir. Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology, 76, 66-74. [in Russian].
- Mironenko, V.A., Shestakov, V.M. (1986). Fundamentals of hydrogeomechanics. M. [in Russian]

Надійшла до редколегії 16.08.18

O. Koshlyakov, Dr. Sci. (Geol.), Prof., Head of the Department,  
E-mail: kosh57@ukr.net  
O. Dyniak, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.,  
E-mail: oksdyn@ukr.net  
I. Koshlyakova, Leading Engineer,  
E-mail: irkos@ukr.net  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology  
90 Vasylkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine  
T. Koshlyakova, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher,  
E-mail: geol@bigmir.net  
SI "Institute of Environmental Geochemistry National Academy of Sciences of Ukraine"  
34-a Acad. Palladina Ave., Kyiv, 03680, Ukraine

### HYDROGEOLOGICAL PECULIARITIES OF CALCULATION OF SCARPS AND SLOPES STABILITY WITHIN URBANIZED TERRITORIES

The article considers the issue of groundwater influence on scarps and slopes stability. The relevance of the study is caused by the tendency to increase the frequency of appearance of exogenous geological processes due to technogenic impact. Timely detection of hazardous areas and application of measures to prevent the development of landslide processes will avoid significant damages. An important factor that directly affects

forecasting is a reliable calculation of the stability and an adequate interpretation of the results, depending on the choice of the calculation method. Different methods of calculation, different complexity of their implementation and uncertainty of the results aggravate the problem, especially with regard to groundwater levels fluctuations and their further influence on sustainability parameters. The existing methods for calculating scarps and slopes stability, in particular taking into account temporary changes of groundwater levels, are analyzed. This study proves that the further increase in the reliability and accuracy of the results of calculations primarily depends on the improvement of methods for determining the water-physical state of soils and hydrodynamic features of groundwater movement. The authors provide evidence of the necessity to take into account intensity value of infiltration recharge at the predictive assessment of groundwater level. The role of anthropogenic component of infiltration recharge due to losses from water communications, especially in local areas, is investigated, which in the future will be reflected in engineering measures justification.

**Keywords:** infiltration, scarps and slopes stability, groundwater, infiltrational recharge.

А. Кошляков, д-р геол. наук, проф., зав. каф.,

E-mail: kosh57@ukr.net

О. Диняк, канд. геол. наук., доц., E-mail: oksdyn@ukr.net

И. Кошлякова, вед. инж., E-mail: irkos@ukr.net

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

Т. Кошлякова, канд. геол. наук, старш. науч. сотр.,

E-mail: geol@bigmir.net

ГУ "Институт геохимии окружающей среды Национальной академии наук Украины"

пр. Палладина, 34-а, г. Киев-142, 03680, Украина

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ В ПРЕДЕЛАХ УРБАНИЗОВАННЫХ ТЕРИТОРИЙ

Рассматривается вопрос учета влияния подземных вод на устойчивость откосов и склонов. Актуальность исследования вызвана тенденцией увеличения частоты проявлений экзогенных геологических процессов вследствие техногенного воздействия. Своевременное выявление опасных участков и применение мер с целью предотвращения развития оползневых процессов позволит избежать значительных убытков. Важным фактором, который непосредственно влияет на прогноз, является достоверный расчет устойчивости и адекватная интерпретация результатов в зависимости от выбора метода расчета. Различные методы расчетов, разная сложность их выполнения и неоднозначность результатов усугубляют проблему, особенно это касается колебания уровня грунтовых вод и их дальнейшего влияния на параметры устойчивости. Проанализированы существующие методы расчета устойчивости откосов и склонов, в частности с учетом временных изменений уровня грунтовых вод. Доказывается, что дальнейшее повышение достоверности и точности результатов расчетов в первую очередь зависит от совершенствования методов определения водно-физического состояния почвы и гидродинамических особенностей движения подземных вод. Авторами обоснована необходимость учета величины интенсивности инфильтрационного питания подземных вод при прогнозной оценке уровня подземных, особенно грунтовых вод. Исследована роль техногенной составляющей инфильтрационного питания вследствие потерь из водных коммуникаций, особенно на локальных участках, что в дальнейшем отражается на обосновании мер инженерных мероприятий.

**Ключевые слова:** инфильтрация, устойчивость откосов и склонов, грунтовые воды, инфильтрационное питание подземных вод.