

## Активізація техногенних процесів при різкій зміні рівня водою та ґрунтових вод внаслідок техногенних катастроф гідротехнічних споруд

Андрій Ращенко<sup>1</sup>, Тетяна Диптан<sup>2</sup>, Артур Маламан<sup>3</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури  
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,  
<sup>1</sup>raschenko.am@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-2948-3232  
<sup>2</sup>dyptan.tv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-2852-014X  
<sup>3</sup>armalaman97@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0715-3291

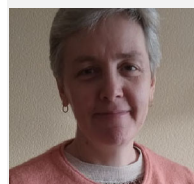
DOI: 10.32347/0475-1132.46.2023.123-132

**Анотація.** На території України налічується більше 1100 водосховищ, які утримують близько 55.13 км<sup>3</sup> води для виробництва електроенергії, забезпечення водою населення України, судноплавства та рибного господарства: 43.71 км<sup>3</sup> Дніпровський каскад водосховищ (у т.ч. 18.2 км<sup>3</sup> Каховське водосховище); 3 км<sup>3</sup> Дністрівське; 8.42 км<sup>3</sup> - ін.

Проте, паралельно з гідробудівництвом та експлуатацією водосховищ постають проблеми збереження екологічної рівноваги у природі, а також комплексного використання заново утворених водних об'єктів і територій, що межують з ними та потрапляють під їх вплив. Каховське водосховище є другим за величиною в Україні. Внаслідок військової агресії росії на території Херсонщини відбувся підриг гідротехнічної споруди – Каховської ГЕС. Результатом таких злочинних дій є руйнування дамби, від розмірів руйнації якої залежить обсяг і швидкість переміщення води від верхнього б'єфу в нижній та параметри хвилі прориву – головного фактору ураження при гідродинамічній аварії. Руйнівна дія хвилі прориву призвела до швидкої реакції геологічного середовища: зміни гідрогеологічного режиму навколишньої території; зміни напружено-деформованого стану, який склався в умовах стабілізованого стану існуючої забудови; активізації інженерно-геологічних процесів – зсувів, підтоплення, прояву просідаючих властивостей лесових ґрунтів та ін. За даними Державної служби геології та надр України [1] ще до таких катастрофічних подій, підтоплення районів території України сягало площі 88,82 тис.км<sup>2</sup>, площа зсувів становила 2148,17 км<sup>2</sup>. Усунення негативних наслід-



**Андрій Ращенко**  
ст. викладач кафедри  
геотехніки



**Тетяна Диптан**  
ст. викладач кафедри  
геотехніки



**Артур Маламан**  
аспірант кафедри  
геотехніки.

ків активізації інженерно-геологічних процесів та передбачення їх подальшого розвитку значною мірою залежать від своєчасного виявлення небезпеки, оцінки та прогнозування ступеня геологічного ризику.

В статті приділено увагу аналізу інженерно-геологічних процесів до початку техногенної катастрофи та охоплені періоди після, з прогнозними оцінками на подальше вирішення питання виходу із критичної ситуації, яка вимагає комплексного врахування. Можливість моделювання цієї ситуації та врахування особливостей поведінки ґрунтового середовища в таких надзвичайних умовах дасть можливість виконати такі інженерні заходи, які дозволять максимально ефективно нейтралізувати негатив-

ний вплив на оточуючу територію.

**Ключові слова:** техногенні процеси, техногенна катастрофа, зсуви, підтоплення, гідротехнічні споруди, моніторинг, оцінка стійкості схилів, числове моделювання.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Під час агресії російської федерації в ході бойових дій постійно відбуваються атаки ворога на об'єкти критичної інфраструктури, пошкодження та руйнування яких приводить до прямої загрози життю мирного населення, має значні техногенні ризики для подальшого проживання і значно впливає на екологічні складові довкілля. Одним з таких впливів, що має катастрофічні наслідки є підриг окупантами дамби Каховського водосховища.

У зв'язку з цим виникає гостра необхідність, окрім прямого негативного впливу внаслідок затоплення та підтоплення, надати оцінку і супутнім явищам, що виникли та будуть виникати у подальшому: зміну рівня ґрунтових вод, зміну стійкості територій та ін.

## АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проблемою дослідження впливу різних техногенних процесів на міцнісні властивості ґрунтів та стійкість територій займалися багато дослідників, зокрема: К. Терцагі, М.М. Маслов, А.М. Дранніков, В.Ф. Краєв, В.Б. Швець, Е.Ю. Петренко, С.В. Біда та ін. У роботах цих авторів наводиться аналіз факторів, які впливають на міцність лесових порід, стійкість будинків та споруд в умовах зсувонебезпечних територій. Окремі такі проблеми публікували: моделювання напружено-деформованого стану основ з урахуванням зміни характеристик ґрунтового масиву та їх взаємодії з утримуючими конструкціями (гнучкими підпірними стінами) – І.П. Бойко, Л.О. Бондарева [2]; взаємодію підпірних стін з ґрунтовим середовищем – М.Л. Зоценко; методи оцінки стійкості зсувонебезпечних територій – В.С. Носенко [3] та С.В. Біда [4]; аналіз сучасних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд – К.Б. Смолій [5].

Ці та інші напрацювання дають можливість провести моделювання та врахувати особливості параметрів для прогнозних оцінок, які з'являються в екстремальних, швидких умовах.

## МЕТА РОБОТИ

Виконати аналіз техногенних процесів, що можуть активізуватися (або вже відбуваються) при різкій зміні рівня водою та ґрунтових вод внаслідок техногенних катастроф, дати прогнозну оцінку розвитку цих процесів.

## ЗАДАЧІ

Тут розглянемо розвиток техногенних процесів в такі часові періоди<sup>1</sup>:

- а) період до 24.02.2022 р.;
- б) період з 24.02.2022 р. до 06.06.2023 р.;
- в) період активного затоплення: 6-8 червня 2023 р.;
- г) період спадання води 8-25 червня 2023 р. (прогноз);
- д) період після спадання води: після 25 червня 2023 р. (прогноз).

## ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Період до 24 лютого 2022 р. характеризувався сталим розвитком екзогенних процесів по всій території України. Серед них найбільш характерними були:

1) техногенне підтоплення ґрунтовими водами, що найбільш активно відбувалось в межах міської забудови: нове будівництво багатоповерхового елітного житла приурочується або до центральної частини міст, або до схилів (для досягнення ефекту так званого "красивого краєвиду"), тобто ведеться на територіях із складними інженерно-геологічними умовами (див. рис. 1.). Такі будинки зводяться на пальових фундаментах, що приводить до порушення природного потоку підземних вод та створення «баражного» ефекту. Як наслідок, на

<sup>1</sup> Основна частина матеріалу статті підготовлена в період 10.06...14.06.2023 р. – в період затоплення.

забудованих територіях та ділянках, прилеглих до схилу, відбувається поступовий підйом рівня підземних вод.



Рис.1. Забудова міських схилів (м. Київ, схил між вулицями Кучмин Яр та Локомотивна).

Fig.1. Development of city slopes (Kyiv city, slope between Kuchmyn Yar and Lokomotivivna st.).

У таких випадках приплив підземних вод з підвищених ділянок до будівель, що розташовані нижче по схилу, має переважно однобічний характер. Тому з метою забезпечення стійкості бортів схилу влаштовують підпірні стінки різних конструкцій. Для запобігання прояву "баражного" ефекту тут необхідно влаштовувати дренаж, у т.ч. й пластовий. Останній можна розглядати як колектор, з якого дренажні води надходять у міську систему водовідведення.

При неврахуванні баражного ефекту стійкість територій різко знижується і відбуваються локальні зсувні явища.

При моделюванні впливу будівель (в умовах щільної забудови, зсувонебезпечної території) на гідрогеологічні умови необхідна гідрогеологічна схематизація на основі вихідної інформації щодо існуючих відміток рівня ґрунтових вод, відомостей про інженерно-геологічні умови з особливостями залягання, даними про природне інфільтраційне живлення, а також пошуком і виявленням розташування додаткових джерел техногенного замочування.

Маючи таку сукупність необхідної для моделювання інформації, можна перейти до обрання математичної моделі, та провести відповідні дослідження з отриманням прогностичних значень та можливістю обґрунтувати інженерний захист на майданчику.

Так, для прикладу, у Печерському районі м. Києва, в районі вул. Князів Острозьких, у середині ХХ-го століття ґрунтові води знаходились, залежно від рельєфу, на глибинах 15...17 м. За даними вишукувань НДЛ ОіФ СІГУ КНУБА, у 2012...2014 рр. рівень ґрунтових вод на тій же ділянці знаходився на глибинах 3...5 м. Тобто, за останні 50 років рівень ґрунтових вод піднявся на 12...14 м (див. рис. 2).

Таке підняття рівня води відбувалось поступово, де основним чинником, що поповнював живлення ґрунтових вод були техногенні втрати води з систем міського водопроводу та теплопостачання, а супутнім, однак не менш значущим – поверхнева інфільтрація атмосферних опадів через ділянки розриту внаслідок виконання земляних робіт (як при зведенні нових будівель, прокладанні інженерних мереж та комунікацій, так і через порушення в конструкціях доріг, мощення тощо), коли атмосферні опади вільно проникають в ґрунтову основу. Як наслідок, практично всі будинки, що зводились у кінці ХІХ...ХХ-го ст. у цій частині міста на Печерському лесовому плато, мають пошкодження у несучих конструкціях, що проявляються у вигляді характерних вертикальних та слабопохилих тріщин.

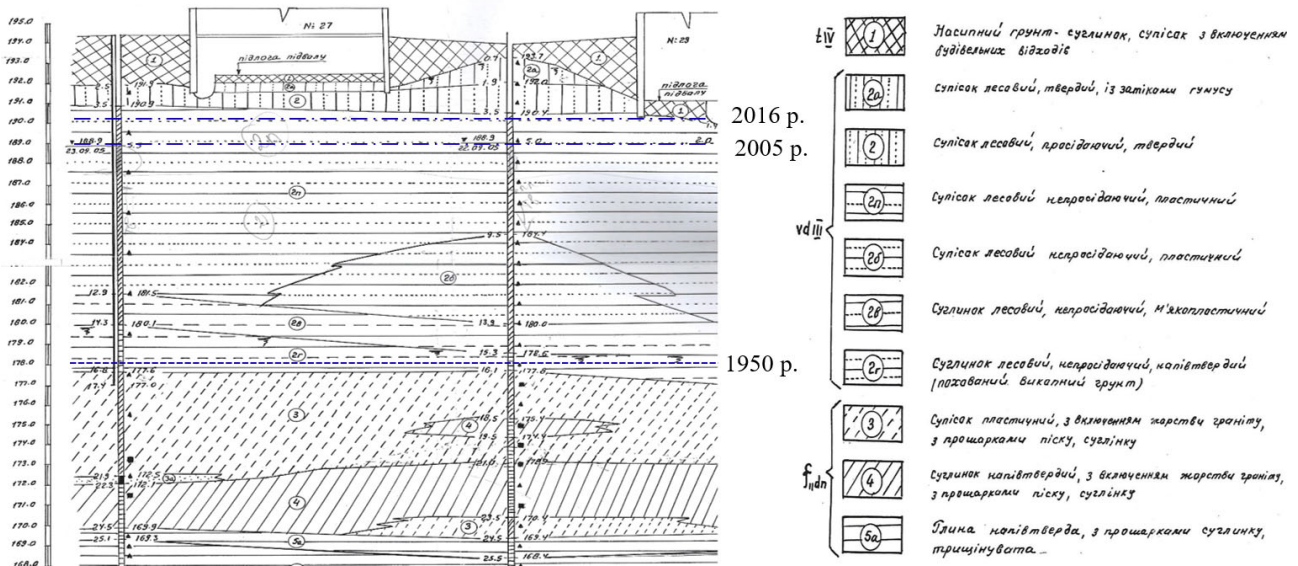


Рис.2. Техногенне підтоплення міських територій (м. Київ, вул. Князів Острозьких).  
Fig.2. Man-made flooding of urban areas (Kyiv, Knyazum Ostrozkikh St.)

Вплив техногенних чинників складний та інтенсивний вздовж всього каскаду Дніпровських водосховищ: Правобережжя Канівського та Київського плато в своїй геологічній будові мають значний шар лесових ґрунтів, які особливо відчують вплив зміни гідрогеологічного режиму.

Довжина берегової лінії Дніпровських водосховищ 3 529 км. На ділянках, загальною довжиною 1 329 км, береги водосховищ незахищені, їх переробка відбувається постійно. З решти – 611 км берегу захищено інженерними спорудами, а 1 589 км є "нейтральними", де розвиток процесу мінімальний за рахунок пологості берегів. Максимальні швидкості переробки берегів каскаду Дніпровських водосховищ відмічались у перші 5...10 років їх існування, коли береги, складені пухкими породами, відступали спочатку на 50...100 м/рік, а згодом, середня швидкість не перевищувала 5 м/рік (при максимальній на окремих ділянках – 20...30 м/рік). Так, величина відступу брівки абразійно-обвального берегу в межах Кременчуцького водосховища за перші 25 років його експлуатації складала 68,5...129 м. Для Правобережжя Канівського водосховища розмив берегів абразійно-обвального типу за перші 15 років експлуатації склав 17.7...30.4 м. З часом темпи розмиву знизились: для Канівського водосхо-

вища за період 1990...1995 рр. він у середньому складав 0.64 м/рік, за 1995...2000 рр. – 0.31 м/рік, за 2000...2005 рр. – 0.21 м/рік.

За весь період експлуатації всіх водосховищ втрачено 6688,58 га прибережних земель. Середня швидкість переробки берегів складає 0,7 м/рік;

2) дослідження проявів зсувних процесів у межах міст Правобережжя Дніпра встановили, що здебільшого ці процеси пов'язані з освоєнням схилів (для досягнення ефекту "красивого краєвиду"), що приводить до збільшення тиску на ґрунтовий масив. Тому для забезпечення стійкості територій вздовж Правобережжя виконаний комплекс протизсувних заходів, серед яких – влаштування дренажних галерей, рядів підпірних стінок, організація рельєфу та поверхневого водовідведення та ін.

Період з 24 лютого 2022 р. по 06 червня 2023 р. характеризується відсутністю повноцінного моніторингу за розвитком небезпечних геологічних процесів у зоні бойових дій та на тимчасово окупованих територіях. У першу чергу це пов'язано з такими чинниками:

1) неможливість функціонування українських органів під час тимчасової окупації ворогом окремих територій;

2) активні бойові дії, що відбувались на тимчасово окупованих територіях:

3) постійні атаки ракетами та БПЛА;

4) руйнування та пошкодження засобів інженерного захисту територій під час організації оборони (у т.ч. м. Києва), під час окупації ворогом окремих районів та під час відступу ворога з тимчасово окупованих територій;

5) введення режиму військового стану – узгодження дозволів на відвідування та інспекцію інженерних захисних об'єктів у зв'язку з обмеженням доступу до них.

До цього необхідно додати, що багато інженерних об'єктів не обслуговуються належним чином. Тобто, розвиток екзогенних процесів не призупинився, а в деяких районах навіть прискорився.

Характерним прикладом агресивного прояву екзогенних процесів для періоду,

що розглядається, є підрив Демидівської греблі, розташованої в гирлі р. Ірпінь, в місці її впадання у р. Дніпро (в сучасних умовах – у Київське водосховище). В мирний час для запобігання підтоплення та затоплення територій у паводковий період, русло р. Ірпінь зарегульоване системою шлюзів, які підтримують рівень води у визначених позначках, не допускаючи перевищення сезонних коливань більше за 1.2...1.5 м.

Рівень води у водосховищі вищий за рівень дельти р. Ірпінь на 2...3 м. Тому й була влаштована захисна дамба із станцією перекачки води з р. Ірпінь у Київське водосховище. Руйнування дамби спричинило значний розлив води та підтоплення населених пунктів, розташованих вище за течією по долині річки (рис. 3).

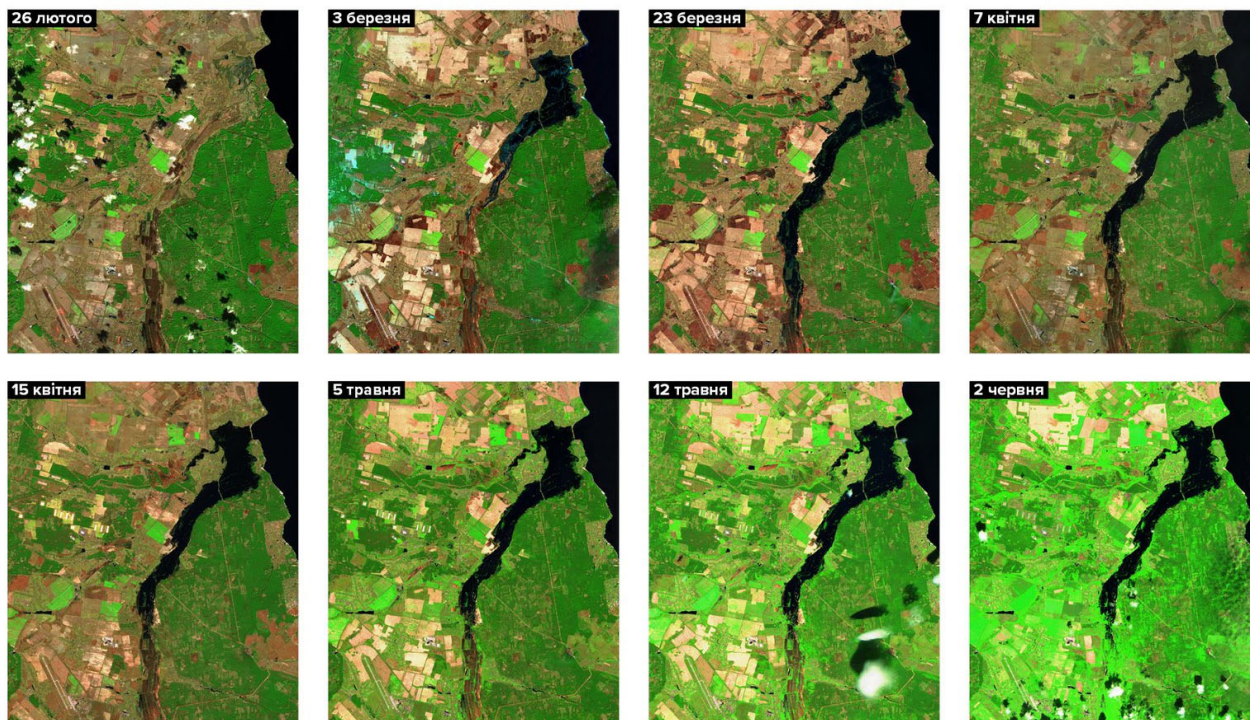


Рис.3. Розлив води в долині р. Ірпінь.  
Fig.3. Water spillage in the valley of the Irpin river.

Після підриву греблі Каховської ГЕС, в період перших трьох діб (з 06 по 08 червня 2023 р.) відбувалось активне підвищення рівня води. Потік води, що утворився, привів до створення гідродинамічної сили – додаткового чинника, що посилював руйні-

вну та розмиваючу дію води. Швидка поява води привела до затоплення більше 80-ти населених пунктів, розташованих на Лівому та Правому (високому) березі Дніпра. Потрібно розуміти, що перепад висоти рівня води у Каховському водосховищі відно-

сно русла річки нижче дамби не перевищувало 13.5-14 м за звичайних умов та досягало 16 м перед підривом дамби (окупанти навмисне зменшували пропускну здатність гідрозаторів та шлюзових камер, що привело до збільшення рівня води у водосховищі до критично небезпечного рівня).

При проектуванні водосховища виконувались розрахунки та моделювання на можливі небезпечні ситуації. Проте, вони не передбачали умов руйнації самого тіла дамби та її основи, обмежуючись лише умовами небезпечних паводків. За найбільш несприятливих умов (руйнування тіла залізобетонної та нижчелажачої відсіпанної ґрунтової дамби), висота валу води при витокі могла б досягати 16 м – абсолютні позначки дамби по верхньому б'єфу на воді нижче за течією складають відповідно 16 м та 0 м. Після підриву дамби відбулось руйнування її верхньої та (можливе) часткове руйнування середньої залізобетонної частини. Саме тому висота валу води не перевищувала 4.5...5 м.

Процес такого затоплення неодмінно

приводить до різкого підйому рівня ґрунтових вод на ділянках, які мають прямий гідравлічний зв'язок з водами долини р. Дніпро. Це означає, що для надзаплавних терас самого Дніпра та його приток відбудеться:

1) замочування лесових просідаючих ґрунтів. За проявом явища просідання це один із найгірших варіантів замочування лесової товщі – відбувається "замочування знизу" – додаткова деформація просідання проявляється на всю висоту лесів. Тут найбільша небезпека криється саме в масовості такого явища – візуальної фіксації може бути недостатньо для виявлення протікання цього процесу (охоплює значну площу і суб'єктивно не можна надати візуального підтвердження такому явищу) – фіксується лише після геодезичних вимірів з порівнянням опорних висотних реперів стаціонарної геодезичної мережі у зоні, що потрала під затоплення (разом з прилеглою територією) і в зоні, що гарантовано не затоплювалась та знаходиться на деякій відстані від таких територій.

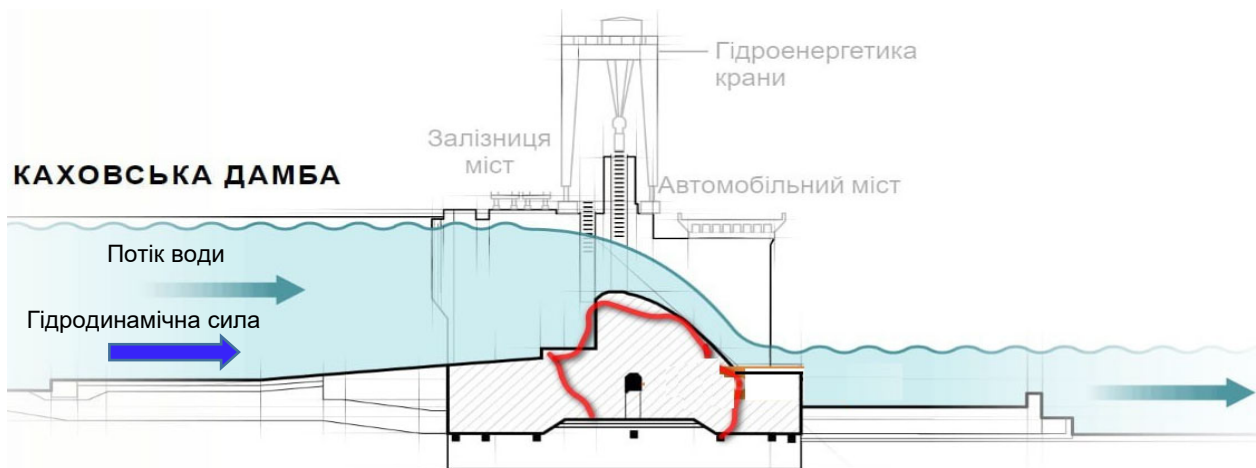


Рис.4. Гідродинамічна сила.

Fig.4. Hydrodynamic force.

До цього додається ще й "замочування зверху" – коли внаслідок просочування великої кількості води відбудеться пришвидшене замочування лесової товщі на ділянках затоплення. При цьому за рахунок особливостей будови замочування лесових

ґрунтів не буде рівномірним. При затопленні на лесові ґрунти буде діяти додаткове навантаження від стовпа води – кожен метр висоти води у статичних умовах буде створювати додатковий тиск близько  $1 \text{ т} \cdot \text{с} / \text{см}^2$  або до 10 кПа. Це також буде приводити до

прояву нерівномірних деформацій ґрунтів;

2) Зміна базису ерозії:

2.1) загальний базис ерозії (по долині р. Дніпро) – приведе до початку зміни напружено-деформованого стану правобережної високої частини. З практичної позиції дослідження щодо стійкості схилів Правобережжя та Чорноморського узбережжя розпочались більше 150 років тому. За останні 20...30 років в межах високого правого берега вздовж всієї течії р. Дніпро в Україні були локальні за розповсюдженням, але масивні зсуви блочно-клавішного та контактного типу. Зміна (підвищення) базису ерозії приведе до того,

що території, які знаходились в умовно стійкому стані знову класифікуються як зсувні (тобто такі, де вже відбуваються зсуви)

За масштабами це будуть події, що класифікуватимуться як "значні наслідки";

2.2) локальний базис ерозії – по долинах приток р. Дніпро. За рахунок явно вираженої сезонної водності річок, що протікають на півдні України, прогнозується зсувні явища у значно меншому обсязі, по відношенню до масштабів Правобережжя.



Рис.5. Наслідки підриву греблі Каховської ГЕС.

Fig.5. Consequences of blowing up the Kakhovskaya HES dam.

На основі попередньо сказаного можна зробити прогноз на період спадання води (08...25 червня 2023 р.) та подальший період. Найбільш активно гідродинамічна сила проявляється у ґрунтовому масиві під час утворення рівномірного фільтраційного потоку при спаданні рівня води. Деформації, будуть розтягнуті в часі, будівлі та споруди постраждають не стільки від ефекту затоплення (намокання та розмокання конструкцій), скільки від нерівномірних дефо-

рмацій осідання та просідання, що будуть перевищувати нормативні значення.

Очевидно, при відновленні даних територій та майбутньому будівництві при відбудові потрібно буде обов'язково проводити оцінку стійкості зсувонебезпечних територій, згідно рекомендацій ДБН В. 1.1-46:2017 «Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів».

Для оцінки стійкості схилу у існуючому стані, впливу нового будівництва на зміну

стійкості можна використати декілька методів:

1) Інженерний метод (метод граничної рівноваги у варіаціях Шахунянца, Маслова, та інших).

2) Числове моделювання.

Інженерний метод базується на виконанні умови рівноваги сил на окремих блоках. Блоки утворюються в результаті розбиття області над потенційною поверхнею ковзання площинами перетину, наприклад, метод Шахунянца (рис.6):

- поверхні розділяють блоки завжди вертикальні,
- нахил міжблочних сил  $E_i$  дорівнює нулю,
- сили діють в горизонтальному напрямку

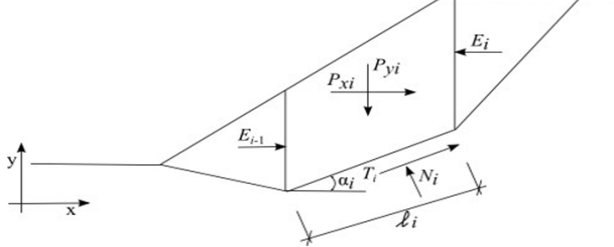


Рис.6. Схема дії сил на блок.

Fig.6. Scheme of forces action on the block.

Коефіцієнт стійкості визначається за формулою:

$$K_u = \frac{\sum_{i=1}^n [(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i + |P_{Qi,ud}|] \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}}{\sum_{i=1}^n \frac{P_{Qi,sd} \cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}} \quad (1)$$

Числове моделювання напружено-деформованого стану елементів системи «грунтовий масив протизсувні конструкції фундаменти споруди» виконують за допомогою числових методів, у т.ч. методом скінчених елементів.

Оцінка стійкості схилу визначається шляхом обчислення "коефіцієнта безпеки". Термін "коефіцієнт безпеки" використано через те, що на основі числового моделювання напружено-деформованого стану схилу з використанням моделі нелінійно-деформованого ґрунту отримується не співвідношення утримуючих сил до зсувних як у при інженерному розрахунку, а напруження і деформації у всіх елементах (грунтах, протизсувних спорудах) і для імітації можливих зсувів програмно знижу-

ються параметри міцності ґрунтів. У світовій практиці цей метод має назву "shear reduction method" (SRM).

$$K_{уст} = \frac{\tau_{пред}}{\tau_{действ}} = \frac{\sigma_n \cdot tg\varphi + c}{\tau}, \quad (2)$$

Результатами розрахунку у ПК «Plaxis 2D» є ізополя переміщень, та значення коефіцієнта безпеки (рис. 7), моделювання напружено-деформованого стану елементів системи "ґрунтовий масив-протизсувні конструкції-фундаменти споруди".

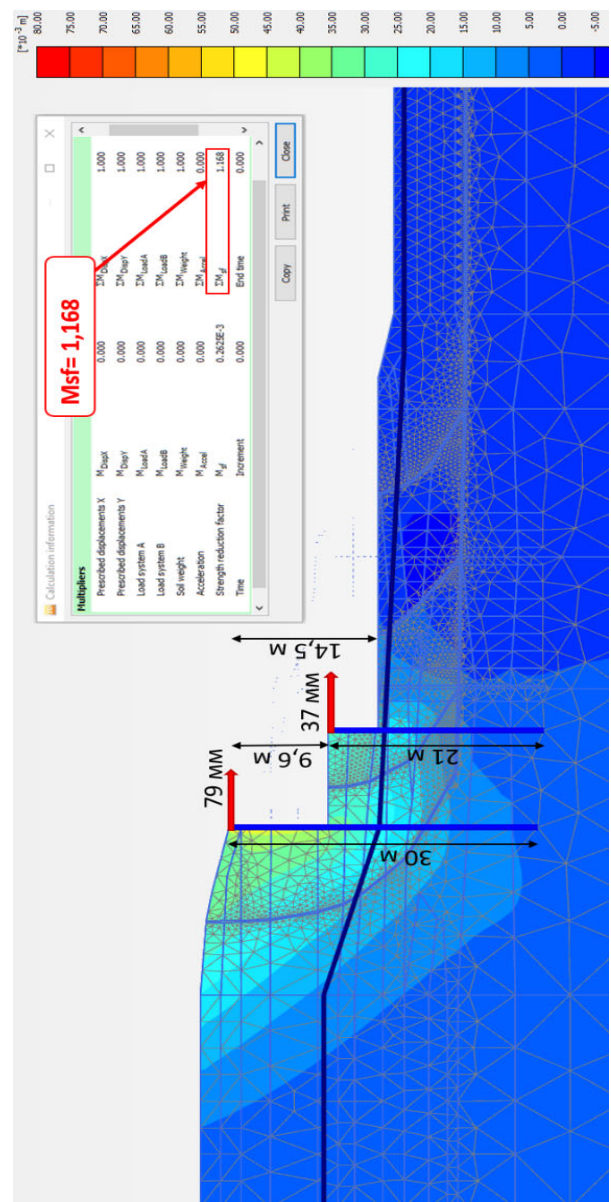


Рис.7. Результати числового моделювання.

Fig.7. Results of numerical simulation.

Окрім оцінки стійкості схилів необхідно також виконувати моніторинг та спостере-



ження за деформаціями об'єктів та зсувно-небезпечних територій. Основними сучасними засобами для моніторингу за деформаціями є:

- 1) високоточне нівелювання для визначення деформацій фундаментів споруд;
- 2) GPS-моніторинг за деформаціями високих та великих у плані споруд;
- 3) наземне лазерне сканування для отримання 3D-моделі об'єкту, визначення кренів споруд;
- 4) лінійно кутові вимірювання спостереження просторового положення об'єкту;
- 5) інклінометрія (контроль горизонтального зміщення споруд);
- 6) виміри датчиками розкриття тріщин у режимі реального часу;
- 7) стереофотограмметричний метод – для об'єктів складної геометричної форми;
- 8) супутниковий моніторинг спостереження за зсувними процесами.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Техногенний фактор на сьогодні є переважаючим чинником, що спричиняє активізацію інженерно-геологічних процесів – гравітаційних, гідрогеологічних, екологічних. Визначення впливу техногенних факторів мусить передбачати застосування різноманітних теоретичних та практичних підходів, із застосуванням розрахункових та експериментальних методів. Доцільно розрахунковими методами моделювати появу аварійних ситуацій та оцінювати їх вплив на напружено-деформований стан територіях, що межують з гідротехнічними спорудами.

2. При розвитку значних осідань поверхні - приймати негайні заходи щодо недопущення розвитку аварійних ситуацій (техногенних катастроф) для лінійних об'єктів інфраструктури (газ, електрика, кабелі), що прокладені під землею.

3. При проектуванні гідротехнічних споруд необхідно передбачити технічні рішення, які забезпечать оптимізацію екологічної взаємодії їх і природного комплексу і запобігатимуть неприпустимим наслідкам цієї взаємодії.

(Гідротехнічні споруди. Основні положення. ДБН В. 2.4-3:2010).

4. Усунення негативного впливу активізації техногенних процесів та передбачення їх подальшого розвитку значною мірою залежать від своєчасного виявлення небезпеки, оцінки та прогнозування ступеню геологічного ризику. Для цього необхідне відновлення спостережень за інженерно-геологічними процесами, технічне переоснащення пунктів спостереження, відповідно до вимог Положення про державну систему моніторингу доквілля. Існуюча спостережна мережа розміщена нерівномірно в межах інженерно-геологічних регіонів, що не дозволяє одержувати достовірні відомості щодо розвитку та активізації процесів, необхідних для виконання прогнозування, а недофінансування робіт не дає можливості проведення спостережень на вже існуючих ділянках, що призводить до неможливості аналізу часових подій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів на території України за даними моніторингу ЕГП - Київ; Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України", 2018. – 98 с.
2. Взаємодія багаторусних утримуючих конструкцій з ґрунтовим масивом... : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.02 / Скочко Людмила Олегівна ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - Київ, 2018. - 24 с.
3. Носенко В.С. Оцінка стійкості схилу з використанням різних розрахункових методів. / Носенко В.С., Скочко Л.О., Маламан А.Р. // *Науково-технічний збірник «Основи і фундаменти»*. – К.: КНУБА. – 2021. – Вип. 43. – С.40-51. DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021.40-51
4. Біда, С.В. Особливості зсувних процесів на схилах річкових долин / С.В. Біда // *Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. збірник*. Вип. 75: у 2-х кн.: Книга 2. – К.: ДП НДІБК, 2011. – С. 371–377.
5. Смолій К.Б. Аналіз сучасних геодезичних та геотехнічних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд. / Смолій К.Б. // *Збірник наукових праць: Сучасні досягнен-*

ня геодезичної науки та виробництва. – Львів: Видавництво Львівської політехніки – 2015. Вип. I (29). – С.87-89.

## REFERENCES

1. Informational yearbook on the activation of dangerous exogenous geological processes on the territory of Ukraine according to the monitoring data of EGP - Kyiv; State Service of Geology and Subsoil of Ukraine, State Scientific and Production Enterprise "State Information Geological Fund of Ukraine", 2018. – 98 p.
2. The interaction of multi-tier retaining structures with the soil massif...: autoref. thesis ... candidate technical Sciences: 05.23.02 / Lyudmila Olehivna Skochko; Kyiv. national University of Building and Architecture. Kyiv, 2018. 24 p.
3. Nosenko V.S., Skochko L.O., Malaman A.R. (2021). Otsinka stiykosti shilu z vikoristannyam riznih rozrahunkovih metodiv. [Comparative assessment of the slope stability using different calculation methods]. Naukovo-tehnichniy zbirnik «Osnovi i fundamenti». Kyiv: KNUBA, 43, 40-51 (in Ukrainian). DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021.40-51
4. Bida S.V., Kuts O.V. (2016). Otsynuyvannya stiykosti shiliv richkovih dolin Poltavskogo lesovogo plato. [The evaluation of slopes stability of Poltava river valleys loess plateau]. Visnik Dnipropetrovskogo universitetu. Seriya: geologiya, geografiya. Dnipro: DNU, 24(1), 13-19 (in Ukrainian). DOI: 10.15421/111602
5. Smolii K.B. (2015) Analiz suchasnykh heodezychnykh ta heotekhnichnykh metodiv monitorynhu za deformatsiiamy inzhenernykh sporud. [Analysis of modern geodetic and geotechnical methods of monitoring the structures deformation]. Naukovo-tehnichniy zbirnik «Cuchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva». Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, I(29), 87-89 (in Ukrainian).

**Activation of man-made processes in the event of a sharp change in the level of reservoirs and groundwater due to man-made disasters of hydraulic structures**

*Andrii Rashchenko,  
Tetiana Dyptan,  
Artur Malaman*

**Abstract.** There are more than 1,100 reservoirs on the territory of Ukraine, which hold about

55.13 km<sup>3</sup> of water for the production of electricity, providing water to the population of Ukraine, shipping and fisheries: 43.71 km<sup>3</sup> of the Dnipro cascade of reservoirs (including 18.2 km<sup>3</sup> of the Kakhov reservoir); 3 km<sup>3</sup> Dniester; 8.42 km<sup>3</sup> - others. However, in parallel with hydraulic construction and operation of reservoirs, there are problems of preserving ecological balance in nature, as well as complex use of newly formed water bodies and territories bordering them and falling under their influence. The Kakhov reservoir is the second largest in Ukraine. As a result of Russia's military aggression on the territory of Kherson Oblast, a hydrotechnical facility - Kakhovska HPP - was blown up. The result of such criminal actions is the destruction of the dam, the volume and speed of movement of water from the upper beif to the lower depends on the dimensions of the destruction and the parameters of the breakthrough wave - the main factor of damage in a hydrodynamic accident. The destructive action of the breakthrough wave led to a rapid reaction of the geological environment: changes in the hydrogeological regime of the surrounding territory; changes in the stress-strain state, which developed under the conditions of the stabilized state of the existing building; activation of engineering and geological processes - landslides, flooding, manifestation of subsidence properties of loess soils, etc. According to the data of the State Geology and Subsoil Service of Ukraine [1] even before such catastrophic events, the flooding of regions of the territory of Ukraine reached an area of 88.82 thousand km<sup>2</sup>, the area of landslides was 2148.17 km<sup>2</sup>. Elimination of the negative consequences of the activation of engineering-geological processes and forecasting their further development largely depend on the timely detection of danger, assessment and forecasting of the degree of geological risk. The article focuses on the analysis of engineering-geological processes before the start of the man-made disaster and covers the periods after, with prognostic assessments for the further resolution of the issue of exiting the critical situation, which requires comprehensive consideration. The possibility of modeling this situation and taking into account the peculiarities of the behavior of the soil environment in such extraordinary conditions will make it possible to carry out such engineering measures that will allow to neutralize the negative impact on the surrounding territory as effectively as possible.

**Keywords:** man-made processes, man-made disaster, landslides, flooding, hydrotechnical structures, monitoring, assessment of slope stability, numerical modeling.