



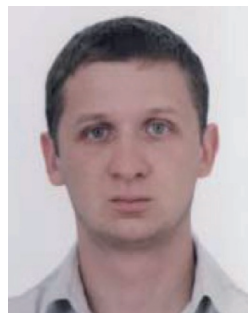
Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2023-6>

УДК 699.82



**ДМИТРИЄВ Д.А.**

Канд. технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: dmitrievgts71@gmail.com, тел. +38 (097) 603-75-36, ORCID 0000-0001-7307-2150



**СТЕПАНЧУК С.В.**

Старший науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: serij19071982@gmail.com, тел. +38 (097) 645-38-70, ORCID 0000-0002-5591-1827



**КУРАШ С.Ю.**

Старший науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: zuvs2004@gmail.com, тел. +38 (050) 949-33-29, ORCID 0009-0001-5810-9258

## ЗАХИСТ ЗАГЛИБЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ВІД ВПЛИВУ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА БУДІВЕЛЬНИЙ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ ПЕРІОДИ

### АНОТАЦІЯ

Урбанізовані території є найбільш яскравим прикладом потужного і незбалансованого впливу на геологічне середовище техногенних факторів, які часто порушують гідрогеологічні та геоecологічні умови території.

На забудованих територіях спостерігаються значні зміни умов формування поверхневого і підземного стоку, порушується характер гідравлічного зв'язку поверхневих і підземних вод, а також водоносних горизонтів між собою. Якщо в природних умовах такі зміни носять еволюційний характер, то при будівництві вони мають стрибкоподібний характер.

Спорудження фундаментів будівель і споруд на палях, тунелів, а також підземних паркінгів в більшості випадків призводить до баражування потоку підземних вод та, як наслідок, до підтоплення. Підземний простір сучасного міста насичений водонесучими комунікаціями, які також

мають непередбачувані витoki. Інфільтрація вод з комунікацій може викликати значний підйом рівнів підземних вод верхнього водоносного горизонту у вигляді окремих горбів, що мають випадковий характер і важко піддаються прогнозуванню. Проектування і будівництво нових будівель та споруд підвищеної відповідальності в складних інженерно-геологічних умовах та в умовах ущільненої забудови потребує додаткових заходів, які повинні забезпечити можливість безпечного виконання будівельних робіт, обмежити вплив на оточуючі споруди і мережі та захистити новобудови та оточуючу забудову від прояву небезпечних інженерно-геологічних процесів. В останні роки були зафіксовані випадки не врахованих особливих умов на ділянках будівництва (інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови, наявність ґрунтів з особливими властивостями, оточуюча забудова та інженерні мережі тощо),



що, в свою чергу, призводило до порушення умов експлуатації нових об'єктів. На даних об'єктах виконувалися додаткові роботи з відновлення експлуатаційної надійності, що призводило до значного подорожчання вартості будівництва.

Виходячи з вищевикладеного, при проектуванні і будівництві об'єктів, особливо з розвинутою підземною частиною, слід передбачати комплекс заходів щодо захисту від впливу підземних вод на будівельний та експлуатаційний періоди. Такі заходи повинні застосовуватися у відповідності до вимог чинних в Україні нормативних документів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** підземні води, фільтрація, коефіцієнт фільтрації, будівельне водозниження, дренаж, гідроізоляція.

## PROTECTION OF DEEP STRUCTURES OF BUILDINGS AND STRUCTURES AGAINST THE EFFECT OF GROUNDWATER DURING CONSTRUCTION PERIOD AND LIFECYCLE

### ABSTRACT

Urbanized territories are the most striking example of the powerful and unbalanced impact of anthropogenic factors on the geological environment, often violating the hydrogeological and geo-ecological conditions of the territory.

In the built-up areas, there are significant changes in the conditions for the formation of surface and underground runoff, the nature of the hydraulic connection of surface and groundwater, as well as aquifers with each other, is disrupted. If in natural conditions such changes are evolutionary in nature, then during construction they are spasmodic.

The construction of foundations of buildings and structures on piles, tunnels, as well as underground parking in most cases leads to a barrage of the flow of groundwater, and as a result, to the phenomenon of flooding. In addition, the underground space of a modern city is saturated with water-bearing communications, which, as a rule, have unpredictable leakages. Infiltration of water from communications can cause a significant rise in groundwater levels of the upper aquifer in the form of individual hills that are random and difficult to predict. The design and construction of new buildings and structures of increased responsibility in difficult engineering and geological conditions and conditions of dense building requires additional measures that should ensure the possibility of safe construction work, limit the impact on surrounding structures and networks, and protect new buildings and surrounding buildings from the manifestation of hazardous engineering and geological processes. In recent years, cases have been recorded when special conditions at construction sites were not taken into account (geological and hydrogeological conditions, the presence of soils with special properties, surrounding buildings and engineering networks), which in turn led to a violation

of the operating conditions of new facilities. At these facilities, significant amounts of additional work were carried out to restore operational reliability, which led to a significant increase in the cost of construction.

Based on the foregoing, in the design and construction of facilities, especially with a developed underground part, a set of measures should be taken to protect against the impact of groundwater during the construction and operational periods. Such measures should be applied by the requirements of the regulatory documents in force in Ukraine.

**KEYWORDS:** groundwater, filtration, coefficient of filtration, construction dewatering, water drainage, waterproofing.

### ВСТУП

Велика кількість новобудов зводиться на ділянках зі складними інженерно-геологічними і гідрогеологічними умовами. Значні території мають природне підтоплення підземними водами внаслідок їх високого природного рівня, або за рахунок значних атмосферних опадів, або при проходженні повені в річках та озерах. Крім того, часто необхідно виконувати заглиблену частину новобудови виходячи з нормативних вимог щодо кількості паркомісць в умовах обмеженої площі забудови. Це призводить до того, що підземні приміщення знаходяться нижче рівня підземних вод, а також до значного ускладнення робіт нульового циклу, що потребує виконання комплексу робіт щодо їх захисту.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблемі захисту споруд від підземних вод присвячено багато досліджень та публікацій. В статті [1] наведений аналіз стану нормативних документів, які визначають вимоги до інженерного захисту територій, на яких можливе виникнення небезпечних інженерно-геологічних процесів, та варіанти їх захисту. При розташуванні ділянок будівництва на підтоплених територіях, крім інженерно-геологічних вишукувань, слід виконувати гідрогеологічні вишукування, а також математичне моделювання. На основі отриманих результатів обираються варіанти заходів, які повинні забезпечити нормальні умови виконання робіт та безпечну експлуатацію новобудови. Варіанти захисту підземних частин будівель наведені в публікаціях [2, 3]. Слід зауважити, що зазвичай розглядається лише одна чи дві складові проблеми підтоплення, хоча слід вирішувати її комплексно.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Виконання аналізу інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов ділянок будівництва, розробки технічних рішень або проектів захисту



котлованів та заглиблених конструкцій передбачено вимогами [4÷8]. Ці будівельні норми поширюються на проектування споруд і заходів з інженерного захисту територій, будівель і споруд від шкідливої (руйнівної) дії небезпечних геологічних процесів.

При здійсненні інженерного захисту від руйнівних впливів небезпечних геологічних процесів необхідно керуватися відповідними законодавчими і нормативними актами України і виконувати його з урахуванням вимог законів України «Про основи містобудування», «Про охорону навколишнього природного середовища», Земельного, Водного та Лісового кодексів України, «Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд», будівельних норм, санітарних норм і правил, гігієнічних нормативів, місцевих екологічних умов і обмежень, єдиної державної системи запобігання та реагування на аварії, катастрофи й інші надзвичайні ситуації.

Основною задачею даного дослідження є попередження або захист будівель від підтоплення і затоплення на прикладі об'єкту, що розташований в м. Київ на лівому березі річки Дніпро.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Адміністративно, ділянка досліджень розташована в м. Київ у Деснянському районі. Ділянка представляє собою: частково зруйнований, частково діючий ринок; огорожену автостоянку; незабудовану територію з залишками будівель. На даний час на ділянці дослідження частково виконане огороження котловану, пальове поле та

відкопування котловану.

Новобудова (торгово-розважальний центр) – будівля прямокутної конфігурації в плані, розміри між крайніми осями 403,4×109м. Висота поверхів від 3,45 до 10 метрів.

В конструктивному відношенні будівля вирішена в монолітному залізобетонному каркасі, без деформаційних швів.

Для конструкцій нижче 0,000 виконується їх гідроізоляція. В швах бетонування передбачаються гідрошпонки.

У відповідності з [8] споруда має клас наслідків (відповідальності) СС3.

Огородження котловану, в залежності від величини перепаду відміток ґрунту, виконується з буронабивних паль Ø820 та Ø 620 мм, з прокатних двотаврів І 30К1, з прокатних двотаврів І 24К1. В якості забірки виконуються Jet-палі Ø400 та Ø600 мм.

Огородження котловану розташоване в наступних ґрунтах: ІГЕ-1 – насипні та техногенні ґрунти - асфальт, бетон, щебінь, тротуарна плитка, супіски та піски маловологі, різнозернисті, коричневі, бурі, світло-бурі, жовті гумусовані з будівельним сміттям, залишки ґрунтово-рослинного шару з коренями рослин та дерев; ІГЕ-2 – пісок дрібний до пілуватого середньої щільності до щільного, маловологий до насиченого водою, від темно-коричневого до буруватого, світло-жовтий до світло-сірого, зустрічаються прошарки пілуватих пісків та супісків; ІГЕ-3 – пісок середньозернистий до крупнозернистого, щільний, рідше - середньої щільності, насичений водою, світло-сірий, кварцовий. В нижній частині зустрічаються гравійні про-

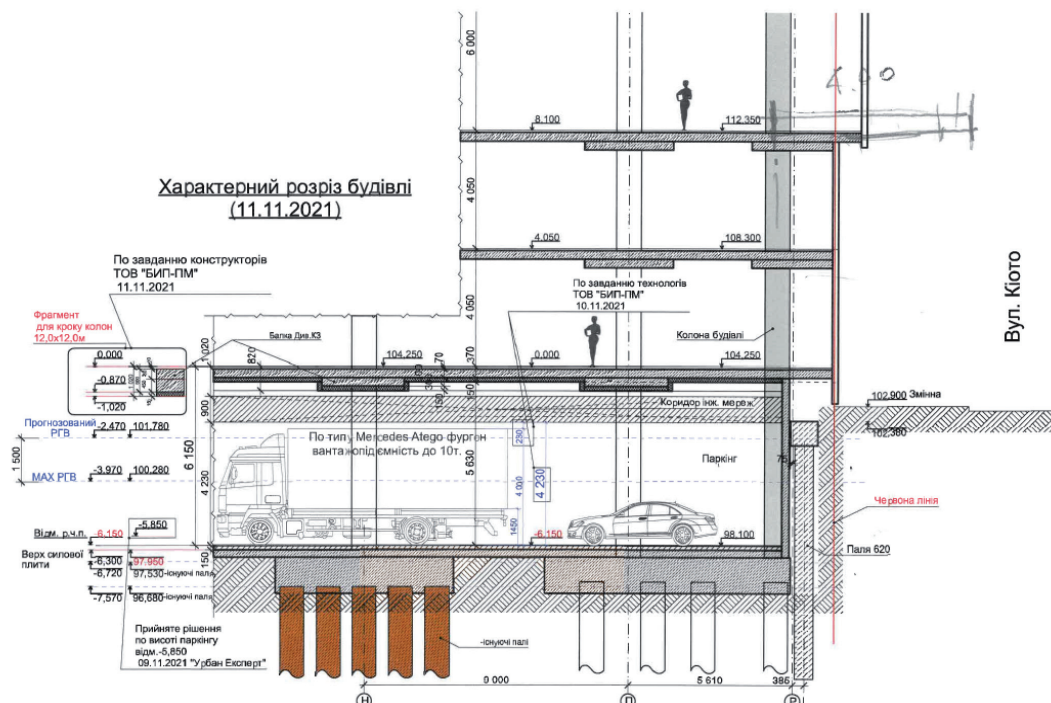


Рисунок 1 – Характерний розріз по висі торгово-розважального центру



шарки з жорсткою та щебенем кристалічних порід.

Характерний розріз торгово-розважального центру наведений на рисунку 1. Посадка паль огороження котловану  $\varnothing 620$  і  $820$  мм на інженерно-геологічний розріз наведена на рисунку 2.

Постійні водоотоки на території відсутні. Але у періоди інтенсивного сніготанення та випадіння рясних злив у пониженнях рельєфу можливе утворення тимчасових локальних зон накопичення поверхневих вод.

В геологічній будові ділянки в межах дослідженої глибини приймають участь відклади четвертинного віку – сучасні та верхньочетвертинні, які залягають на розмитій поверхні еоценових відкладів. Верхня частина розрізу ділянки будівництва представлена техногенними насипними неоднорідними ґрунтами.

Категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – III.

Ділянка досліджень знаходиться в межах борту річної долини з помірними нахилами на південний захід. Ділянка зазнала значного техногенного втручання та має цілком антропогенний рельєф.

Загальний нахил території – на південний захід, в напрямку до річки Дніпро. Відмітки поверхні землі в районі ділянки будівництва та прилеглої території складають від  $100,00$  м до  $105,00$  м. Внаслідок антропогенного втручання рельєф ділянки фактично понижується у зворотній бік від річки Дніпро з південного заходу на північний схід.

Гідрогеологічні умови ділянки досліджувалися на глибину до  $25,0$  м. Роботи виконувалися в лютому-березні 2018 року в період характерного інтенсивного сніготанення з поступовим зро-

станням рівня підземних вод до їх сезонного максимуму. Через аномальні погодні умови рівень ґрунтових вод на період досліджень знаходився на сезонному зимовому мінімумі.

Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються наявністю безнапірного ґрунтового водоносного горизонту, поширеного по всьому розрізі. Глибина залягання рівня ґрунтових вод в межах ділянки на період проведення вишукувань становила  $4,0...6,0$  м від поверхні землі (відмітки  $96,0...99,0$  м).

Суглинки на ділянці слугують локальним водотривким шаром, проте, через незначну потужність, не мають значного впливу на режим підземних вод. Розкрита потужність водоносного горизонту складає близько  $19,0...21,0$  м.

Величина можливого підйому рівня підземних вод може становити не більше  $1,5$  м від зафіксованого.

На території досліджень можливе утворення локальних тимчасових зон водонасичення типу верховодки. Також можливе утворення верховодки та підтоплення території у пониженнях рельєфу в результаті випадіння значних опадів або витікання з водонесучих комунікацій.

Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови ділянки досліджень є, в цілому, складними для ведення будівельних робіт, додатково ускладнені неоднорідними ґрунтами, високими рівнями ґрунтових вод та техногенним впливом.

На основі результатів інженерно-геологічних вишукувань були визначені фільтраційні параметри підземного потоку на ділянці будівництва, а саме: питома фільтраційна витрата, середній коефіцієнт

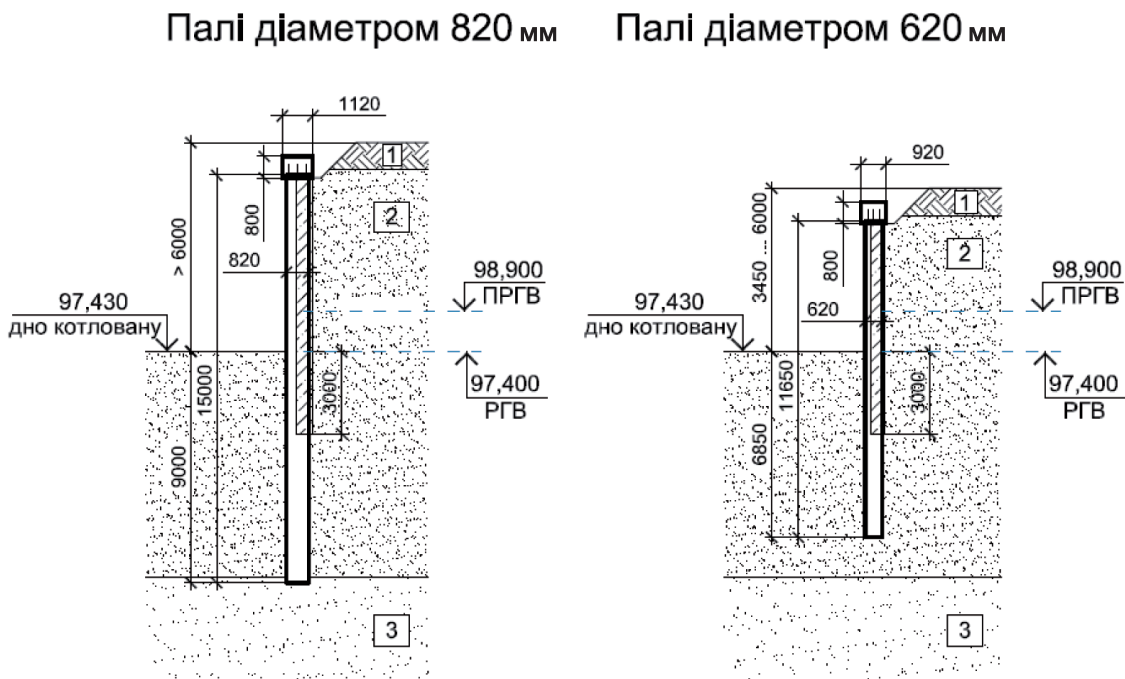


Рисунок 2 – Посадка паль огороження котловану  $\varnothing 620$  і  $820$  мм на інженерно-геологічний розріз



фільтрації ґрунтів, градієнт фільтраційного напору, загальна фільтраційна витрата, середні швидкості фільтраційного потоку.

Перевірка фільтраційної міцності ґрунту проводилася в місцях виходу фільтраційного потоку в котлован. Огородження котловану прийнято з Jet-паль діаметром 0,62 і 0,82 м, при їх заглибленні на 1,0 м нижче дна котловану. На ділянці будівництва можливе виникнення фільтраційних деформацій. Для оцінки можливості виникнення в піщаному ґрунті ІГЕ-2 фільтраційних деформацій ґрунту (механічної суфозії) визначали фільтраційну міцність ґрунту на ділянці будівництва.

Котлован на майданчику будівництва розташований в пісках дрібних – ІГЕ-2, ІГЕ-3. Наявність піску поблизу огороження і в рівні дна котловану може призвести до виникнення суфозії, яка може викликати винос ґрунту основи в котлован.

У сипучих ґрунтах можливі фільтраційні деформації (механічна суфозія), які залежать від характеристик ґрунтів, градієнтів напору і їх напрямку. Значення критичного градієнту напору  $I_{cr,m}$  рекомендується визначати при

$$K_{60/10} = \frac{d_{60}}{d_{10}} \geq 10, \quad (1)$$

де  $d_{60}$ ,  $d_{10}$  – діаметри часточок, дрібніше яких у ґрунті міститься відповідно 60 і 10% по масі часточок, а також при вмісті часток розміром  $D < 1,00$  мм у межах 10-30% по масі.

При оцінці місцевої фільтраційної міцності ґрунту необхідно виконати умову

$$I_{est,m} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot I_{cr,m}, \quad (2)$$

де  $I_{est,m}$  – діючий середній градієнт напору в озрахунковій області фільтрації;

$I_{cr,m}$  – критичний середній градієнт напору;

$\gamma_n$  – коефіцієнт надійності по відповідальності споруд, який для споруд класу наслідків ССЗ рівний 1,25 згідно з [8].

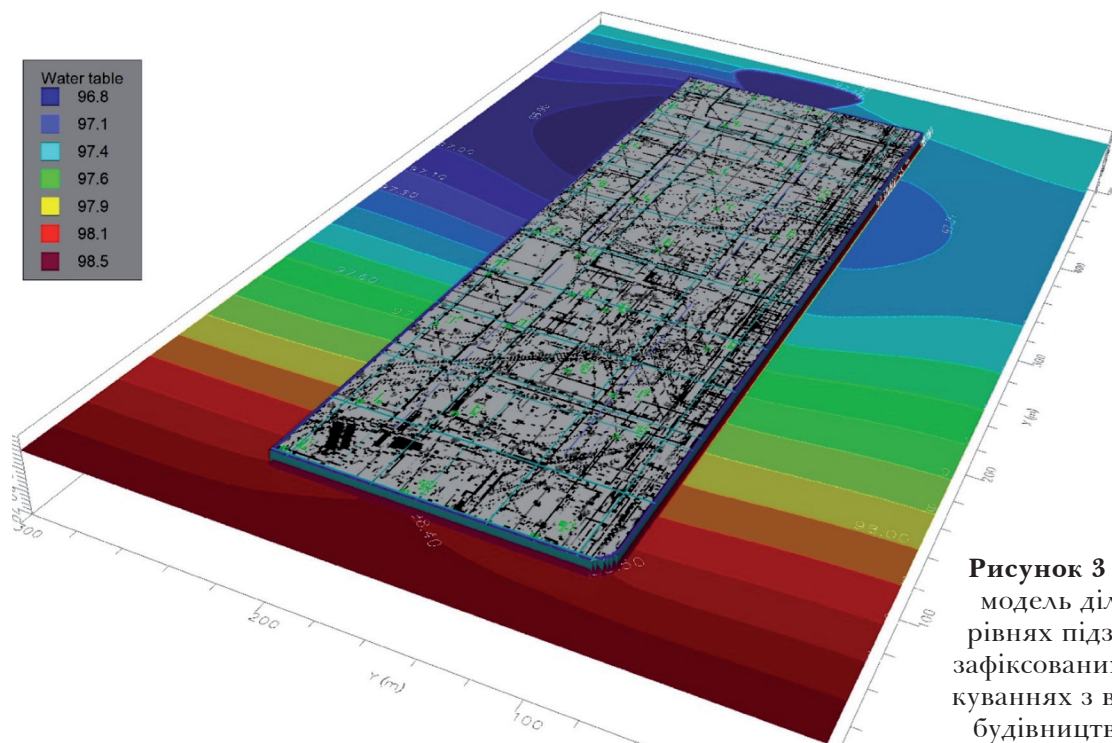
За результатами виконаних розрахунків для попередження виникнення суфозії було рекомендовано збільшити довжину Jet-паль на 2,0 м.

Для визначення притоку підземних вод в котлован спочатку визначались параметри фільтраційного потоку в зоні його виходу в котлован: швидкості фільтраційного потоку та питомі фільтраційні витрати. Можливий приток води в котлован при підвищеному рівні ґрунтових вод складає  $Q = 11497,52 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

Для оцінки впливу зведення будівлі багатофункціонального торговельно-розважального центру з паркінгом на гідрогеологічний режим прилеглої території виконане чисельне моделювання руху підземних вод. Розрахунки виконувалися за допомогою програмного комплексу MODFLOW, який забезпечує розрахунки тривимірного фільтраційного потоку, балансу водних мас та масопереносу і дозволяє визначати всі необхідні параметри потоку й масиву ґрунту.

Розрахунки по визначенню впливу нового будівництва на зміну гідрогеологічного режиму прилеглої території виконувалися для рівня підземних вод, зафіксованого під час вишукувань і при його максимальному підвищенні, яке складає 1,5 м.

Розглядалась просторова задача руху фільтраційного потоку. На рисунку 3 наведена



**Рисунок 3** – Об’ємна модель ділянки при рівнях підземних вод, зафіксованих при вишукуваннях з врахуванням будівництва торгово-розважального центру



об'ємна модель ділянки при рівнях підземних вод, зафіксованих при вишукуваннях з врахуванням будівництва торгово-розважального центру.

За результатами розрахунків була визначена можливість виникнення баражного ефекту та відстань, на яку він розповсюджується.

На основі виконаного аналізу інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов ділянки будівництва були надані рекомендації щодо виконання заходів з попередження підтоплення котловану під час будівництва та захисту заглиблених конструкцій новобудови під час експлуатації.

У будівельний період слід виконувати будівельне водозниження. Виконання будівельного водозниження за допомогою відкритих каналів і зумпфів, з яких вода буде відводитися до міської каналізаційної мережі, на даній ділянці можливе лише для відведення опадів. Для забезпечення осушення котловану від ґрунтових вод слід виконувати примусове водозниження, наприклад, за допомогою глибоких свердловин або голкофільтрів.

Однотимчасне відкопування всього котловану не доцільне, так як його основа складена з ґрунтів, які мають значні коефіцієнти фільтрації, що буде призводити до потрапляння до котловану значної витрати ґрунтових вод. Низ свердловин або голкофільтрів слід встановлювати нижче відміток дна котловану, що може призвести до зниження положення кривої депресії, та, як наслідок, можуть виникнути фільтраційні деформації у вигляді механічної суфозії, винос ґрунту в котлован та виникнення деформацій будівель, споруд та інженерних мереж поруч з майданчиком будівництва.

При використанні голкофільтрів розробка котловану повинна виконуватися невеликими захватками (ділянками) таким чином, щоб зниження рівня ґрунтових вод поруч з ділянкою будівництва не призвело до виникнення нерівномірних деформацій основи та до пошкоджень будівель, споруд, дорожніх покриттів та інженерних мереж, що розташовані поруч. Крім того, з котловану будуть відводитися в зливову систему значні обсяги води, яка буде відкачуватися з котловану.

При цьому, після виконання робіт нульового циклу на одній ділянці (влаштування пальового поля, ростверків, гідроізоляції, вертикальних елементів) слід виконати заходи недопущення потрапляння ґрунтових вод при виконанні робіт нульового циклу на наступній ділянці. Визначення кількості і розмірів захваток визначаються в Проекті виконання робіт (ПВР), виходячи з можливостей виконавця робіт.

За результатами розрахунків «баражний ефект» після зведення торгово-розважального центру буде незначним як при рівнях ґрунтових вод, зафіксованих при вишукуваннях, так і при їх прогнозованому підвищенні. Це підвищення рівня ґрунтових вод знаходиться в межах їх сезон-

них коливань. Якщо при виконанні вертикального планування та інженерного захисту будуть виконані заходи з поверхневого водовідведення, а водонесучі мережі будуть виконані з дотриманням усіх нормативних вимог та з гарантованою надійністю щодо неможливості витоків з них, тоді можна буде розглянути варіант щодо відмови від виконання дренажу на експлуатаційний період. В такому варіанті підземні конструкції повинні бути розраховані з врахуванням тиску ґрунтових вод та їх сезонного коливання.

## ВИСНОВКИ

1. Ділянка будівництва характеризується складними інженерно-геологічними і гідрогеологічними умовами. Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються наявністю безнапірного ґрунтового водоносного горизонту в піщаних ґрунтах.
2. За сукупністю факторів територія вишукування відноситься до II категорії складності інженерно-геологічних умов – середньої складності.
3. За результатами виконаних фільтраційних розрахунків визначені основні фільтраційні параметри підземних вод.
4. Уточнена відмітка заглиблення низу Jet-паль за умови попередження виникнення механічної суфозії.
5. Отримані значення витрати підземних вод, які будуть потрапляти в котлован.
6. За результатами розрахунків з оцінки впливу будівництва на можливу зміну гідрогеологічного режиму отримано, що максимальна величина підвищення рівнів підземних вод перед підземною частиною будівлі («баражний» ефект) складатиме 0,15...0,2 м. Радіус підвищення рівнів ґрунтових вод спостерігається на відстані до 25 м перед підземною частиною торгово-розважального центру. На ділянці будівництва при виконанні будівельних робіт буде відбуватися підтоплення підземної частини будівлі під час її будівництва та експлуатації.
7. Виконання дренажу на даній ділянці не є обов'язковим, так як основа складена піщаними ґрунтами зі значними коефіцієнтами фільтрації, тому основний захист підземної частини виконується за рахунок влаштування якісної гідроізоляції.
8. Комплекс робіт з визначення можливості підтоплення новобудови та розробки рекомендацій щодо її захисту, який було виконано на даній ділянці будівництва, повинен виконуватися для об'єктів з розвинутою підземною частиною в аналогічних інженерно-геологічних і гідрогеологічних умовах.



## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Червинский Я.И., Шуминский В.Д., Дмитриев Д.А. Требования к инженерной защите при освоении территорий, на которых возможно проявление опасных инженерно-геологических процессов. - Наука та будівництво. 2013, вип. 79.
2. Dmitriev D., Vasilchuk S., Yaremchuk M., Petrovanchuk Y. Experience of geosynthetic materials use in drainage system device - Academic journal. Series: Industrial machine building, civil engineering. Issue 2 (51)/, 2018, p. 24-30.
3. Faure Y.H. and al. Experimental and Theoretical Methodology to Validate New Geocomposite Structure for Drainage, Geotextiles and Geomembranes vol., 2013, p. 397- 412.
4. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд: ДБН В.1.2-14:2018 [Чинна від 2019-01-01]. - К.: Мінрегіон України, ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М.Шимановського», 2018. - 36 с. - (Державні будівельні норми).
5. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення: ДБН В.1.1-45:2017 [Чинна від 2017-10-01]. - К.: Мінрегіон України, ДП «Укрархбудінформ», 2017. - 23 с. - (Державні будівельні норми).
6. Інженерні положення для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008 [Чинна від 2008-07-01]. - К.: Мінрегіон України, УкрНДІПНТВ, 2008. - 76 с. - (Державні будівельні норми).
7. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення: ДБН В.1.1-25-2009 [Чинна від 2011-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, Укр «УкрВОДГЕО», 2009. - 52 с. - (Державні будівельні норми).
8. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018 [Чинна від 2019-01-01]. - К.: Мінрегіон України, ДП «НДІБК», 2017. - 23 с. - (Державні будівельні норми).
3. Faure, Y.H., et al. (2013). Experimental and theoretical methodology to validate new geocomposite structure for drainage. Geotextiles and Geomembranes, 397-412.
4. DBN V.1.2-14:2018. (2019). General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures. Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, Shimanovsky Ukrainian Institute of Steel Construction.
5. DBN V.1.1-45:2017. (2017). Buildings and Structures in Complex Engineering-Geological Conditions. General Provisions: Kyiv, Ministry of Regions of Ukraine: Ukrarkhbuildinform.
6. DBN A.2.1-1-2008. (2008). Engineering conditions for construction. Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, UkrNDIINT.
7. DBN V.1.1-25-2009. (2011). Engineering protection of territories and buildings against flooding and inundation. Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, "UkrVODGEO".
8. DBN V.2.1-10:2018. Bases and foundations of buildings and structures. Substantive provisions. (2019). Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, NIISK.

Стаття надійшла до редакції 10.03.2023 року

## REFERENCES

1. Chervinsky, Y.I., Shuminsky, V.D., & Dmitriev, D.A. (2013). Requirements for engineering protection in the development of territories where hazardous engineering-geological processes may occur. Science and Construction, 79.
2. Dmitriev, D., Vasilchuk, S., Yaremchuk, M., & Petrovanchuk, Y. (2018). Experience with geosynthetic materials use in drainage system devices. Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering, 2(51), 24-30.