



Doi: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v24i2.3>

UDC 627.26:624.131



ФАРЕНЮК Г. Г.

Д-р технічних наук, професор, директор Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», Україна, м. Київ, Президент громадської спілки «Українська рада з зеленого будівництва»
Сайт: www.greencouncil.com.ua
e-mail: farenyuk@ndibk.gov.ua
тел.: + 38 (044) 249-72-34
ORCID: 0000-0002-5703-3976



КАЛЮХ Ю. І.

Д-р технічних наук, професор, провідний науковий співробітник, Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», Україна, м. Київ,
e-mail: kalyukh2002@gmail.com
tel.: +38 (044) 249-38-80
ORCID: 0000-0001-7240-4934



ШЧЕНКО Ю. І.

Завідувач лабораторії, Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», Україна, м. Київ,
e-mail: ischenko@ndibk.gov.ua
tel.: +38 (050) 415-37-34
ORCID: 0000-0001-6046-8180

КОНЦЕПЦІЯ «ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА» ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТА РОЗРАХУНКАХ ГЕОТЕХНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

АНОТАЦІЯ

Концепція зеленого будівництва була розроблена в 1970-х роках у відповідь на енергетичну кризу і зростаючу стурбованість людей з приводу збереження навколишнього середовища. В ході тривалого дослідження проблем глобального потепління з'ясувалося, що сучасні міста, а точніше будівлі - одне з головних джерел забруднення навколишнього середовища. Дані експертів показують, що будівлі всього світу «вживають» близько 35-40% всієї первинної енергії, 67% всієї електрики, 40% всієї сировини і 14% всіх запасів питної води, а також виробляють 35% всіх викидів вуглекислого газу і мало не половину всіх твердих побутових відходів. Не кожне велике місто має добре спланований

міський простір, якісні житлові будинки, будівлі та споруди. Найчастіше міські території оснащені поганим освітленням та системами вентиляції, яким притаманні дорога експлуатація і висока енергоємність; недостатньо продумана транспортна інфраструктура. Темпи технологічного розвитку створюють для людини агресивні умови, що корінним чином відрізняються від природних. Зелені будівлі - це споруди, які розташовані, спроектовані, побудовані, відремонтовані і експлуатуються відповідно до основних принципів енергоефективності, і ще вони будуть надавати позитивний вплив на навколишнє середовище, економіку і соціальну сферу протягом всього їх життєвого циклу. Необхідність економії



енергії і пом'якшення екологічних проблем сприяла появі хвилі зелених інновацій в будівництві, яка триває і донині. Основна мета концепції сталого розвитку в геотехнічному «зеленому будівництві» полягає в тому, щоб: надати йому економічну конкурентоспроможність та достатню корисність; в той же час знизити енерго- і матеріаломісткість; зменшити площу земельних ділянок, що відводиться під будівництво; мінімізувати ризики шкоди для здоров'я і життя людей в разі аварій і небажаних подій під час геотехнічного будівництва. В межах реалізації концепції геотехнічного зеленого будівництва наведено приклад проектування, розрахунку та реалізації протисувних споруд на зсувонебезпечному схилі, а також рекомендацій щодо забезпечення його стійкості у майбутньому.

Україна активно долучається до міжнародних конвенцій, які зменшують забруднення навколишнього середовища, і прагне поліпшити національні стандарти відповідно до міжнародних вимог. Вже є приклади сертифікованого за стандартом BREEAM зеленого будівництва житлових комплексів в Києві. Загальна економічна і політична ситуація, здається, готова вітати впровадження зеленого будівництва по всій Україні. Розвиток зеленого будівництва буде важливою галуззю в Україні, і більш всебічні дослідження по зеленому будівництву можуть сприяти подальшому її прогресу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: концепція, зелене будівництво, геотехніка, протисувні споруди, чисельне моделювання.

DESIGN AND CALCULATION OF THE GEOTECHNICAL STRUCTURES IN ACCORDANCE WITH THE "GREEN BUILDING" CONCEPT REQUIREMENTS

ABSTRACT

The green building concept was developed in the 1970s in response to the energy crisis and growing concern for the environment preservation. Through a long-term study of global warming, it was found that modern cities or rather buildings are one of the main sources of environmental pollution. Expert data show that buildings around the world "consume" about 35-40% of all primary energy, 67% of all electricity, 40% of all raw materials and 14% of all drinking water, and also produce 35% of all carbon dioxide emissions and almost half of all solid household waste. Not every big city has a well-planned urban space or high-quality residential buildings, constructions, and structures. Most often the urban areas are equipped with poor lighting and ventilation systems characterized by the expensive maintenance and high energy consumption; their transport infrastructures are insufficiently thought out. The pace of technological development creates

for a person the aggressive conditions that are radically different from the natural. The green buildings are structures that are located, designed, built, renovated and operated in accordance with the basic principles of energy efficiency and they will have a positive impact on the environment, economy and social sphere throughout their life cycle. The need to save energy and mitigate environmental problems has contributed to the emergence of green innovation in construction, which continued to this day. The main objective of the sustainable development concept in geotechnical "green building" is to give to the construction the economic competitiveness and sufficient utility and at the same time reduce the energy and material consumption; reduce the area of land allocated for construction; minimize the risk of damage to the health and life of people in the event of accidents and undesirable events during geotechnical construction. Within the implementation of the concept of geotechnical green construction, an example of design, calculation and implementation of landslide structures on a landslide slope is given, as well as to the recommendations for its stability in the future.

Ukraine actively participates in the international conventions reducing environmental pollution and seeks to improve the national standards in accordance with international requirements. There are already some examples of the BREEAM-certified green construction of residential complexes in Kyiv. The general economic and political situation seems to be ready to welcome the green building introduction throughout Ukraine. The green building development will be an important industry in Ukraine, and more comprehensive researches on the green building can contribute to its further progress.

KEYWORDS: concept, green building, geotechnics, slide protection structures, numerical modeling.

ПЕРЕДВСТУП

Екологічне будівництво сьогодні - один з найбільш актуальних світових трендів, які прийшли в архітектурно-будівельну галузь за останнє десятиліття. Воно є проявом глибинних процесів усвідомлення світовою спільнотою тієї ролі, яку людська цивілізація грає в руйнуванні стійкості екосистеми нашої планети. В ході тривалого дослідження проблем глобального потепління з'ясувалося, що сучасні міста, а точніше будівлі - одне з головних джерел забруднення навколишнього середовища. Дані експертів показують, що будівлі всього світу «вживають» близько 35-40% всієї первинної енергії, 67% всієї електрики, 40% всієї сировини і 14% всіх запасів питної води, а також виробляють 35% всіх викидів вуглекислого газу і мало не половину всіх твердих побутових відходів [1]. Не кожне велике місто



має добре спланований міський простір, якісні житлові будинки, будівлі та споруди. Найчастіше міські території оснащені поганим освітленням та системами вентиляції, яким притаманні дорога експлуатація і висока енергоємність; недостатньо продумана транспортна інфраструктура. Темпи технологічного розвитку створюють для людини агресивні умови, що корінним чином відрізняються від природних.

На будівельну галузь припадає понад 40% світового споживання енергії і 33% викидів парникових газів, пов'язаних з енергією [2]. При аналізі життєвого циклу (LCA (Life Cycle Analysis)) житлових будинків виявили, що в їх споживанні енергії переважає експлуатаційна фаза, яка включає всю енергію, яка споживається після будівництва і до знесення будівель (утилізації). Більш того, енергетична програма ООН передбачає, що 60% енергії на етапі експлуатації використовується переважно для опалення приміщень [3]. Наприклад, у Великій Британії на продукти життєдіяльності припадає 45% загальних викидів вуглецю, в тому числі 27% від житлових будівель і тільки 18% від будівель іншого типу [4]. Тому житловий сектор має найбільший потенціал для зниження енергоспоживання і викидів вуглецю з використанням доступних в даний час сучасних технологій. Із загальної будівельної індустрії в світі 12% припадає на водокористування [5], 72% пов'язано з опаленням приміщень і забезпеченням їх гарячою водою [4]. Загальний шкідливий вплив на навколишнє середовище роблять 40% відходів, пов'язаних з будівельною індустрією [3]. При цьому 32% складають сміттєзвалища, утворені при будівництві та знесенні будівель. На цих звалищах із загального обсягу сміття 13% складають будівельні матеріали, які були доставлені на будівельні майданчики, а потім направлені безпосередньо на звалище без використання [4].

Відповідно до розробленої стратегії програми ООН із захисту навколишнього середовища для руху до сталого майбутнього [3] директивні органи країн світу повинні розглядати ефективність використання ресурсів як основний акцент своєї кліматичної політики. Згідно з дослідженнями, проведеними під егідою ООН, в наступні 30 років 2,4 мільярда чоловік швидше за все переїдуть в міські райони, в результаті чого частка населення планети, яке проживає в містах, до 2050 року складе 66%. Річний обсяг природних ресурсів, використовуваних міськими районами, може зрости з 40 мільярдів тон сировини в 2010 році до 90 мільярдів тон до 2050 року, збільшившись на 125%, якщо не вносити змін в те, як будуються і проектується міста.

Історично склалося так, що існуючі міста ростуть зі швидкістю два відсотки в рік, збільшуючи глобальне використання міських земель з трохи менше одного мільйона квадратних кілометрів

до 2,5 мільйонів в 2050 році і піддаючи ризику сільськогосподарські землі і запаси продовольства. Збільшення міського населення потребує будівництва нових міст і розширення існуючих. Будівництво та експлуатація цих нових міст і підтримка міського способу життя тих, хто в них живе, вимагає мільярдів тон сировини, такого як викопне паливо, пісок, гравій, залізна руда, деревина і продукти харчування. (Звіт 25-ї Міжнародної ресурсної групи експертів, створеної ООН по навколишньому середовищу в 2007 році для вивчення використання природних ресурсів.)

Якщо міські райони світу не будуть оптимально використовувати свої ресурси, міста скоро будуть вимагати набагато більше ресурсів, ніж наша планета може забезпечити. По мірі того, як міські райони по всьому світі продовжують зростати, міста стають все більш важким тягарем для нашого навколишнього середовища, тому експерти по ресурсам закликають до нової стратегії побудови кращих міст [6].

Будівельний сектор, в порівнянні з іншими секторами економіки, має найбільший потенціал для значного скорочення викидів парникових газів в порівнянні з іншими основними секторами викидів [5]. Будівельний сектор має потенціал для економії енергії на 50% і більше до 2050 року, на підтримку обмеження глобального підвищення температури до 2°C вище доіндустріального рівня [3]. Глобальні заходи, щодо підвищення енергоефективності можуть заощадити на витратах від 280 до 410 млрд. євро на енергію [7].

Тому, концепція зеленого будівництва була розроблена в 1970-х роках у відповідь на енергетичну кризу і зростаючу стурбованість людей, з приводу збереження навколишнього середовища [8]. Зелені будівлі - це споруди, які розташовані, спроектовані, побудовані, відремонтовані і експлуатуються відповідно до основних принципів енергоефективності, і вони будуть надавати позитивний вплив на навколишнє середовище, економіку і соціальну сферу протягом всього їх життєвого циклу. Необхідність економії енергії і пом'якшення екологічних проблем сприяла появі хвилі зелених інновацій в будівництві, яка триває і донині.

ВСТУП

Зелене будівництво - це комплексні знання, структуровані стандартами проектування і будівництва. Рівень їх розвитку безпосередньо залежить від досягнень науки і технології, від активності інженерів, і від усвідомлення суспільством екологічних принципів. Розробка і впровадження стандартів зеленого будівництва стимулює розвиток бізнесу, інноваційних технологій та економіки, покращує якість життя



суспільства і стан навколишнього середовища. Вони є інструментом розумної економіки - зберігають гроші на всіх етапах і сприяють інтеграції в світовий рух, вони є ключем до зарубіжних інвестицій і визнання на світовому рівні.

Зелені стандарти проектування, будівництва, експлуатації будівель, ведення бізнесу і життєдіяльності в будівельній сфері, це суть феноменів, які направляють, коректують і керують розвитком суспільства, економіки та інфраструктури. У країнах, де розвивається екологічне будівництво, створюються національні стандарти, що враховують соціально-економічні та природні умови країни: законодавство, державну політику, щодо енергоресурсів та екології, кліматичні умови, ступінь усвідомлення проблем енергоефективності та екологічності професійними співтовариствами та населенням.

Можна вважати, що до теперішнього часу основи науки про «зелені будівлі» вже створені. І тут немає нічого дивного: «зелені будівлі» є системним продовженням розвитку енергоефективних будівель, інтелектуальних будівель, будівель біоархітектури, здорових будівель і т. п.

Починаючи з 1974 року, після світової енергетичної кризи, в світовій будівельній практиці з'явилося напрямком, який одержав назву «будівництво енергоефективних будівель», і досить інтенсивно почали створюватися наукові основи проектування таких будинків, які не тільки не втратили актуальності до теперішнього часу, але затребуваність в яких постійно зростає, зміщуються тільки акценти:

1. Починаючи з 1980-х років особлива увага приділяється екологічній безпеці житла і якості внутрішнього повітря. Формується наступна закономірність: серед енергоефективних технологій пріоритетними мають бути, які сприяють підвищенню якості внутрішнього повітря і покращують екологічну безпеку житла.
2. З кінця 1990-х років до вимог з енергоефективності та екологічності додаються вимоги, які забезпечують захист навколишнього середовища від руйнування.
3. Найголовнішою ідеєю для будівництва XXI століття є положення про те, що природа не є пасивним фоном нашої діяльності: в результаті професійного підходу може бути створено нове природне середовище, що має більш високі комфортні показники для містобудування і є в той же час енергетичним джерелом для клімату будівлі.

Логіка розвитку сучасного будівництва багато в чому є результатом прагнення до гармонії будівлі з оточуючим природним середовищем та мікроклімату в приміщеннях.

Термін «будівля як середовище проживання людини» відноситься не тільки до самого будівельного об'єкту, але і до всього іншого, що включає в себе поняття «місце існування», а саме: наявність поблизу будівлі паркової зони, спортивних і дитячих майданчиків, місць для автомобільних і велосипедних стоянок, відстань від зупинок громадського транспорту і т. д.

Нові підходи до проектування, виробництва і управління, що отримали назву «зелене будівництво» допускають зниження впливу будівель на протязі всього життєвого циклу на навколишнє середовище і здоров'я людини, що досягається за рахунок:

- I. Ефективного використання енергетичних і водних ресурсів;
- II. Використання екологічно безпечних будівельних матеріалів;
- III. Скорочення відходів, шкідливих викидів і інших впливів на навколишнє середовище;
- IV. Використання будівельних матеріалів місцевого походження (зниження шкоди навколишньому середовищу від транспортування матеріалів);
- V. Використання поновлюваних джерел енергії для забезпечення енергетичних потреб (сонячна енергія, вітроенергетика, геотермальна енергетика);
- VI. Використання матеріалів з підвищеними показниками енергоефективності та енергозбереження [9].

Чотири головних області повинні бути розглянуті в зеленому будівництві: матеріали, енергія, вода і здоров'я.

Матеріали. Матеріали для зелених будівель повинні бути отримані з природних поновлюваних джерел, які стійко функціонують. Або вони можуть бути отримані локально на місці будівництва, щоб зменшити витрати на транспортування. Також будівельні матеріали, отримані шляхом вторинного використання будівельних матеріалів (сміття) з сусідніх ділянок будівництва.

Будівельні матеріали оцінюються з використанням «зелених» специфікацій, які враховують аналіз їх життєвого циклу (LCA) з точки зору енергії, довговічності, переробленого вмісту, мінімізації відходів і їх здатності до повторного використання або переробки.

Енергія. Пасивна сонячна конструкція у вигляді енергозберігаючих вікон значно скоротить витрати на опалення та охолодження будівлі, а також забезпечить високий рівень ізоляції. Природне денне світло зменшує потребу в електриці будівлі і покращує здоров'я та продуктивність людей. Зелені будівлі також включають енергозберігаюче освітлення, низькоенергетичні прилади та технології відновлюваної енергії, такі як вітряні турбіни та сонячні батареї.



Вода. Мінімізація використання води досягається за рахунок установки систем збору забрудненої і дощової води, які переробляються в воду для зрошення або змиву в туалеті; водозберігаючі прилади, такі як насадки для душу з низькою витратою, самозачиняючіся або розпилювальні крани; туалети з низьким припливом або безводні компостуємі туалети. Управління використанням систем гарячого водопостачання і теплоізоляованих труб подачі гарячої води економить на нагріванні води.

Здоров'я. Використання нетоксичних матеріалів і продуктів поліпшить якість повітря в приміщеннях і знизить рівень астми, алергії і синдрому будівельного хворого. Ці матеріали не мають викидів, мають низький вміст летючих органічних сполук або не містять його, а також стійкі до вологи для запобігання утворенню цвілі, спор і інших мікробів. Якість повітря в приміщеннях також визначається за допомогою систем вентиляції і матеріалів, які контролюють вологість і дозволяють будівлі дихати.

На додаток до вирішення вищезазначених 4-х областей, зелена будівля повинна забезпечити економію витрат для забудовника і мешканців, задовольнити більш широкі потреби громади, використовуючи місцеву робочу силу і надаючи доступне житло. Зелене будівництво вимагає цілісного системного підходу, який розглядає кожен компонент будівлі у взаємозв'язку всієї будівлі, а також враховує вплив кожного компонента на навколишнє середовище і суспільство в цілому. Це дуже складний підхід, який вимагає від будівельників, архітекторів і дизайнерів творчого мислення, використовуючи системну інтеграцію в своїй роботі [10].

РІЗНІ СИСТЕМИ СЕРТИФІКАЦІЇ «ЗЕЛЕНИХ» БУДІВЕЛЬ

Регулюють екостійкий розвиток будівництва різні системи сертифікації «зелених» будівель, національні будівельні норми і стандарти, законодавство країни. Добровільні екологічні стандарти будівництва застосовуються ось уже понад 20 років у різних країнах світу і дозволяють стимулювати застосування екологічних та енергоефективних технологій завдяки ринковим механізмам. Так, наприклад, Девід Готтфрід [10], засновник Ради з екологічного будівництва США, стверджує, що Рада і рейтингова система LEED змогли змінити мислення однієї з найбільш «споживчих» держав в світі і тому він вірить, що такі методи зможуть зробити наше життя більш стійким для майбутніх поколінь.

В даний час в світі діє понад тридцять національних «зелених» будівельних стандартів, які враховують соціально-економічні, кліматичні, природні та інші умови кожної країни. Але, незважаючи на регіональні переваги в застосуванні

національних систем сертифікації, найбільш відомими, успішно застосовуються і домінують є міжнародні системи BREEAM, LEED і DGNB. В основу розробки міжнародних екологічних стандартів закладені наступні цілі:

- незалежна оцінка і підтвердження екологічних практик;
- реалізація широкого спектра екологічних вимог та об'єднання їх в єдиній концепції;
- балансування цілей енергоефективності з показниками якості будівництва, здорового і комфортного середовища;
- формування критеріїв і вимог, що перевищують законодавчі стандарти, які могли б стати двигунами модернізації будівельного сектора;
- зменшення впливу техногенного середовища на природу;
- надання впізнаваного бренду для будівель, зрозумілого широкому колу інвесторів, орендарів і кінцевих користувачів;
- заохочення попиту на екологічні будівлі і технології [9].

Основні відмінності рейтингових систем BREEAM, LEED і DGNB полягають у визначенні стратегічних цілей даних систем. LEED фокусується на ефективності використання існуючих джерел енергії. BREEAM орієнтується на використання поновлюваних джерел енергії, утилізації та місцезнаходження об'єкта. Стратегічна мета DGNB - концентрація на максимальному життєвому циклі існування будівлі, на якості та ретельності опрацювання проекту [12].

Ці стандарти не вводять строгих рамок і не наказують застосовувати будь-які конкретні матеріали і рішення, а дозволяють оцінити кожен проект індивідуально. Загальним принципом роботи для всіх рейтингових систем оцінки «зелених» будівель є:

- оцінка проекту й будівлі окремо по кожній категорії;
- виставлення єдиної оцінки;
- надання рівня відповідності і видача сертифіката на основі єдиної оцінки [13].

Звернемося до згаданих вище стандартів.

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) - метод оцінки екологічної ефективності будівель, розроблений в 1990 році британською організацією BRE Global Ltd. Вимоги стандарту спрямовані на захист навколишнього середовища від людської діяльності при задоволенні інтересів усіх учасників ринку і без залучення міжнародного або місцевого права в якості карального інструменту [14].

LEED (The Leadership in Energy & Environmental Design) - Керівництво з енергетичного і екологічного проектування. Рейтингова система сертифікації так званих «зелених будівель» (green building). Розроблено в 1993 році як зеле-



ний будівельний стандарт енергоефективності та екологічності проектів і будівель американською Радою по зеленим будівлям (United States Green Building Council, USGBC). LEED не замінює вимоги нормативних документів, встановлених в тій чи іншій країні державними відомствами, а доповнює їх більш досконаліми і сучасними критеріями оцінки якості [14].

Система **DGNB** («*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*») - німецька рада зі сталого будівництва) - спочатку була розроблена в Німеччині. Заснована на німецьких (DIN) і європейських (EN) нормах, що застосовуються у будівництві.

Дослідники характеризують позитивні і негативні сторони міжнародних систем стандартизації (табл. 1).

Можна відзначити, що стандарти LEED і BREEAM фактично є прямими конкурентами і за темпами розвитку йдуть нога в ногу на міжнародному ринку. Конкуренція стандартів є здоровим явищем для будівельної індустрії і дозволяє всім учасникам ринку працювати в області вдосконалення існуючих практик будівництва. Більш того, близька конкуренція стандартів стимулює додаткові дослідження в області інновації будівельного сектора.

Перевагою LEED у порівнянні з BREEAM є його інструментарій, який дозволяє оптимізувати процес підготовки документації та управління проектом. З іншого боку, освоєння цього інструментарію є складним для тих, хто перший раз стикається з системою. Деякі експерти стверджують, що демократичні принципи LEED стимулюють, скоріше, лобіювання інтересів великих виробників обладнання та постачальників матеріалів, а не науково-дослідницьку діяльність.

На користь BREEAM каже науковий підхід та

дослідження, що становлять основу його численних критеріїв, а також методологія, що спрямована на вирішення більш широкого спектру екологічних завдань у порівнянні з іншими стандартами табл. 2. [15, 16].

Найголовнішою принциповою відмінністю двох систем стандартів LEED і BREEAM є сам процес сертифікації будівлі:

1. Оцінювачі BREEAM відповідальні за збір і аудит документації, а також підготовку звіту, що направляється в BRE Global, який проводить перевірку звіту і видає сертифікат.
2. Для LEED звітна документація готується, аналізується та збирається проектною командою і передається безпосередньо в USGBC. Там відбувається оцінка звітної документації на предмет відповідності стандарту.

Модель управління кожною системою також має суттєві відмінності:

- BREEAM фінансується ліцензійними зборами від організацій-оцінювачів, і так само проектними внесками.
- LEED частково фінансується завдяки проектним зборам, а також за підтримки Ради з екологічного будівництва США.

1. Енергоефективні будівлі.

Виникає питання: «Чи потрібні архітектору і інженеру нові знання, щоб запроектувати будівлю, що відповідає вимогам стандартів «зеленого будівництва»? Постараємося коротко відповісти на це питання, розглянувши вимоги рейтингової системи оцінки «зелених будівель» в частині підвищення їх енергоефективності.

Довідники по «зеленим будівлям» містять такі розділи, які стосуються підвищення енергоефективності будівель:

Таблиця 1- Позитивні і негативні сторони міжнародних систем стандартизації [13]

Стандарт	Позитивні особливості	Негативні особливості
BREEAM	— власна система підготовки оцінювачів — можливість залучення експерта на стадії проектування — більше уваги приділено турботі про здоров'я і благополуччя людей — оцінка транспортної системи	— не розглядається регіональна специфіка — мало уваги приділено сталому розвитку території
LEED	— враховується регіональна специфіка	— клієнт сам збирає вхідну інформацію
DGNB	— методика оцінки життєвого циклу — всього дві вимоги системи є обов'язковими, що забезпечує її гнучкість	— не розглядається пасивний метод енергозбереження



1. Зменшення потреби у використанні енергії — йдеться про застосування архітектурних, інженерних і конструктивних енергозберігаючих рішень. По кожному з цих напрямків сформульовані рекомендації та наводяться посилання на відповідні стандарти, публікації і дослідження.
2. Використання поновлюваних джерел енергії — йдеться, перш за все, про технічні рішення інтегрування сонячних колекторів, теплових насосів, біотехнологій і т. п. в систему енергопостачання будівлі.
3. Оптимальне використання затребуваної енергії. Це найбільш творчий розділ, який передбачає енергетичне порівняння різних технологій опалення, вентиляції, кондиціонування, холодопостачання і основано, головним чином, на результатах математичного моделювання будівлі як єдиної енергетичної системи.

Перераховані вище напрями підвищення енергетичної ефективності будівель були відомі досить вузькому колу фахівців (переважно авторам наукових, методичних і технічних принципів їх реалізації, якими були ті самі фахівці). Оволодіння новими знаннями в даній області полягає в тому, що повинна бути створена система нових нормативних документів, система методичних і наукових розробок, а також програм навчання, що дозволяють фахівцям найкращим чином досягти поставленої мети - підвищення енергетичної ефективності будівель відповідно до викладених вище вимог. Але найголовніше полягає в тому, що всі фахівці, які хочуть відповідати вимогам проектування XXI століття в частині створення комфортного екологічного середовища проживання людини, повинні пройти навчання та скласти відповідні іспити на сертифікат, наприклад, LEED AP чи BREEAM.

Довідники по «зеленим будівлям» перераховують наступні завдання, які включаються в сферу діяльності архітектора в області проектування енергоефективних будівель:

- орієнтація будівлі по сторонах світу;
- оптимальне розташування будівлі в існуючій забудові;
- вибір форми оболонки будівлі;
- скління і матеріали зовнішніх огорожень;
- розгляд будівлі як єдиної енергетичної системи з урахуванням спрямованої дії зовнішнього клімату.

Будинки з природною вентиляцією повинні мати таку орієнтацію і розташування припливних отворів, щоб приплив повітря в приміщення забезпечувався при різних напрямках вітру, в тому числі і при штилі. Дахи різновисотних будівель рекомендовано засаджувати різними рослинами, щоб знизити кількості і рівень зливових вод.

2. Питання сертифікації.

По суті, сертифікація об'єкта по системі «зелених будівель» ініціює творчий пошук архітекторів та інженерів таких технічних рішень, які мінімізують негативний і оптимізують позитивний вплив енергетичних, екологічних та технологічних факторів, що визначають будівлю як середовище проживання людини. У цій роботі важко розділити творчість архітектора та інженера: має місце їх спільна діяльність протягом всього процесу проектування, і тільки такий союз може забезпечити успіх у досягненні поставленої мети.

Власне кажучи, ці завдання і раніше перебували в сфері діяльності архітектора. Різниця полягає в тому, що раніше ці вимоги носили рекомендаційний характер і їх реалізація в тій чи іншій мірі здійснювалася в залежності від амбітності архітектора. В умовах звичайного проектування ці вимоги є рекомендаціями, а при бажанні отримати сертифікат по системі

Таблиця 2 - Порівняння стандартів LEED і BREEAM

	BREEAM	LEED
Рік створення	1990	1998
Кількість сертифікованих будівель	116 000	2 500
Схеми	15	5
Наявність акредитованого оцінювача	Обов'язково	По бажанню
Індивідуальний підхід до будівлі	Є	Немає
Спирається на стандарти	Європейські	США
Екологічна ефективність	++	+
Собівартість	+	++



LEED, BREEAM або іншій системі сертифікації ці рекомендації стають деякими вимогами, за якими даються заохочувальні бали.

Іноді серед інвесторів, глибоко не знайомих з системою «зелених будівель», виникає негативне ставлення до системи сертифікації, так як, на їхню думку, це призводить до здорожчання об'єкта. Це не зовсім так або навіть зовсім не так. Комерційна вартість об'єкта при його здачі в оренду або продажу істотно вище, ніж несертифікованого будівлі, так як дійсно сертифікований об'єкт є високоефективною будівлею щодо комфорту середовища проживання, екологічної безпеки та мінімізації енергоспоживання. Наприклад, в даний час в США забудовники, рекламуючи житло, побудоване з урахуванням строгих екологічних стандартів, стверджують, що «зелені» будівельні технології йдуть на користь не тільки навколишньому середовищу, а й гаманцю домовласника. Покупці нерухомості в США прислухаються до цього доводу як ніколи раніше. Згідно інформаційній службі McGraw-Hill Construction, яка відстежує ринок житла, побудованого за «зеленими» технологіям, частка енергоефективного житла виросла з 2% ринку в 2005 році до 20% в 2013 році.

У доповіді Всесвітньої ради з екологічного будівництва щодо «економічного обґрунтування екологічного будівництва» вказується, що ціни на сертифіковані екологічні будівлі зросли приблизно на 30% в ціні в порівнянні зі звичайними будівлями. Це хороша перспектива для розробників. Згідно з тим же звітом, з точки зору власника, сертифікація BREEAM може підвищити орендні ставки на будівлі до 24,9% в порівнянні зі звичайними будівлями. Звіт DLA Piper за 2014 рік показує, що 38% учасників опитування визначили збереження або збільшення вартості зеленого житла в якості основної переваги цього типу нерухомості, за якою слідує репутація (18%) і зниження витрат на електроенергію (15%).

Експлуатаційні витрати і витрати на персонал, включаючи заробітну плату та посібники, зазвичай складають близько 90% від операційних витрат підприємства. Тому продуктивність персоналу або що-небудь ще, що впливає на його здатність бути більш продуктивним, має бути головною проблемою для будь-якої організації [17].

Вже є приклади будівель в Україні, сертифікованих за стандартом BREEAM зеленого будівництва. Бізнес-центр Astarta в Києві і бізнес-парк Optima Plaza у Львові відповідали вимогам системи сертифікації BREEAM. У червні 2017 року почалися роботи по комплексу «Парк Лейк Сіті» під Києвом, в який входять житлові будинки, торговий центр, дитячий садок і початкова школа. Є також деякі інші проекти зеленого будівництва, розроблені відповідно до вимог

BREEAM, але вони ще не були широко оголошені.

3. «Стратегія розвитку міста Києва до 2025 року».

Потреби в ресурсах майбутньої урбанізації вимагають нової стратегії для задоволення потреб урбанізації 21-го століття. Доповідь «Стійкі перетворення міської інфраструктури», підготовлений ООН по навколишньому середовищу, говорить про те, що для перетворення міст буде потрібно спільне управління на всіх рівнях і планування на великі періоди часу. У доповіді рекомендується контролювати потік ресурсів, що надходять в міста і залишають їх, щоб зрозуміти місцеву ситуацію і допомогти в розробці ресурсоефективних стратегій. Згідно «Стратегії розвитку міста Києва до 2025 року», в Києві планується компактне зростання території за рахунок нової забудови, щоб уникнути розростання міста і, таким чином, заощадити на кубічних кілометрах асфальту і бетону. Щоб в нових житлових районах люди мали необхідні елементи міської інфраструктури, могли досягти необхідної точки пішки або на велосипеді, а зв'язок з іншими районами був забезпечений ефективним і доступним громадським транспортом.

Електроенергія і вода часто витрачаються даремно в містах, що розрослися. В Києві зелене будівництво покликане зробити ресурсозберігаючими такі міські компоненти, як:

1. Спільне використання автомобілів, електромобілів і мереж-точок зарядки електромобілів;
 2. Витрата різних видів енергій (теплової, електричної та ін.);
 3. Ефективні системи очищення стічних вод і води;
 4. Інтелектуальні мережі, велосипедні доріжки, енергоефективні будівлі, нові технології обігріву, охолодження та освітлення і ін.
- [18].

Запропоновані стратегії розвитку Києва включають інфраструктуру для міжгалузевої ефективності, наприклад, використання відпрацьованого тепла від промисловості в районних енергосистемах і промислових відходів у будівництві, таких як цеглини з летючого попелу. Розглядається створення нової моделі міського управління та політики, яка підтримує творчі бізнес-пропозиції та експерименти [6]. Згідно з основною метою Стратегії, довгостроковий розвиток міста Києва прекрасно корелює з основними принципами зеленого будівництва [18, 6].

Спільне управління на всіх рівнях і довгострокове планування будуть необхідні для перетворення міст і регіонів всієї України. Проведення національного планування урбанізації збалансує економічне зростання в різних містах. Сприяння створенню компактних, змішаних, доступних і інклюзивних міст, за допомогою регіонального



та міського планування, розглядається з метою скорочення планування землекористування, впорядкування інфраструктури та сприяння стійкої мобільності. Розглядається підвищення ефективності використання ресурсів, на рівні системи по всьому місту, за допомогою інноваційних і прибуткових обмінів «непотрібної» енергії і матеріалів. Розвиток міст шляхом планування землекористування, яке реконструює існуючі будівлі в ресурсозберігаючі будівлі, просуває ресурсозберігаючі, стійкі будівлі і електромережі [6].

4. Застосування принципів «зеленого будівництва» до протизсувних споруд.

Одним з найбільш важливих видів благоустрою зелених будівель є наш клімат і природне середовище. Зелені будівлі можуть не тільки зменшити або усунути негативний вплив на навколишнє середовище, використовуючи менше води, енергії або природних ресурсів, але в багатьох випадках вони можуть справити позитивний вплив на навколишнє середовище, генеруючи власну енергію або збільшуючи біорізноманіття. «Зелене будівництво» починається з розробки «зеленого проекту», завдання якого на попередній стадії врахувати можливість гармонійно «вписати» будівництво в природний ландшафт.

Концепція сталого розвитку була прийнята на міжнародній конференції «Екологічний саміт» в Ріо-де-Жанейро. Потім ця концепція поступово допрацьовувалася стосовно до різних областей людської діяльності, в тому числі до будівельної галузі в області «зеленого будівництва», що включає геотехніку (як, наприклад, в проекті ЕСТР reFINE (2012) (O.Riordan, 2012)) [19]. Основна мета концепції сталого розвитку в геотехнічному «зеленому будівництві» полягає в тому, щоб:

1. Надати йому економічну конкурентоспроможність та достатню корисність;
2. В той же час знизити енерго- і матеріаломісткість;
3. Зменшити площу земельних ділянок, що відводиться під будівництво;
4. Мінімізувати ризики шкоди для здоров'я і життя людей в разі аварій і небажаних подій під час геотехнічного будівництва.

Як зазначає у своїх роботах професор Ванічек «Грунтові конструкції являють собою дуже хороший приклад застосування вищезазначених принципів «зеленого будівництва» [19]. Згідно з його дослідженням, можна згадати такі приклади:

I. Збереження земельних ділянок (угідь) при проектуванні, що розташовані поблизу крутих схилів насипів або котлованів. В таких випадках, зазвичай, використовуються геосинтетичні матеріали для зміцнення ґрунтових стінок схилів (котлованів).

II. Економія природних наповнювачів протизсувних споруд за рахунок використання альтернативних (природних) матеріалів [19]. При використанні матеріалів у великих кількостях необхідно заздалегідь перевірити їх фізико-механічні властивості, а також їх вплив на навколишнє середовище, щоб запобігти нештатній поведінці (реагуванню) (наприклад, при збільшенні шлаку в одиниці об'єму матеріалу-наповнювачу) або забруднення підстиляючого ґрунту продуктами відходів вилуговування [19].

III. Економія електроенергії протягом всього передбачуваного терміну експлуатації геотехнічних споруд, яка може бути пов'язана з безліччю аспектів. Наприклад, якщо застосувати концепцію сталого розвитку до більш крутих зсувонебезпечних схилів, можна не тільки зменшити розмір ділянки під майбутнє будівництво, а й знизити споживання енергії, необхідної для виїмки ґрунту та на його переміщення при будівництві.

IV. Вибір найкращої технології і контроль ущільнення ґрунту в геотехніці є також важливим аспектом, з точки зору економії електроенергії. Сюди ж можна додати використання геотермальної енергії, і нарешті, економію може дати використання нових інтелектуальних геотехнічних конструкцій, при возведенні яких споживання енергії буде менше, ніж в класичних геотехнічних конструкціях [19].

V. Підпірні протизсувні стіни з укріпленого ґрунту в порівнянні з класичними бетонними гравітаційними підпірними протизсувними стінами.

Протизсувні споруди на території ГП «Айвазовское», запроектовані та реалізовані у відповідності з концепцією «зеленого будівництва».

В адміністративному відношенні зсувонебезпечна ділянка розташована в північній частині смт Партеніт АР Крим, на території ДП «Айвазовське». Територія вище ділянки проектного будівництва зайнята спорудами ЗАТ ЛОК «Айвазовське»: кінотеатр, пральня, котельня, боулінг-клуб. Територія нижче ділянки проектного будівництва штучно спланована, привантажена насипними ґрунтами при будівництві тенісних кортів і закріплена берегозахисними спорудами. Центральна частина ділянки проектного «Японського садка», представлена поверхнею вузької балки, витягнутої в східному напрямку, в межах якої розвивається сучасний активний осередок зсуву №75 ($C_{on}IV^A$). В геоморфологічному відношенні зсувонебезпечну ділянку проектного будівництва «Японського садка» і ПЗС знаходиться в середній частині циркоподібної улоговини, утвореної ерозійно-зсувними накопиченнями сучасного стабілізованого зсуву № 75 «Чукурлар-східний» (рис. 1). Він був штучно спланований і

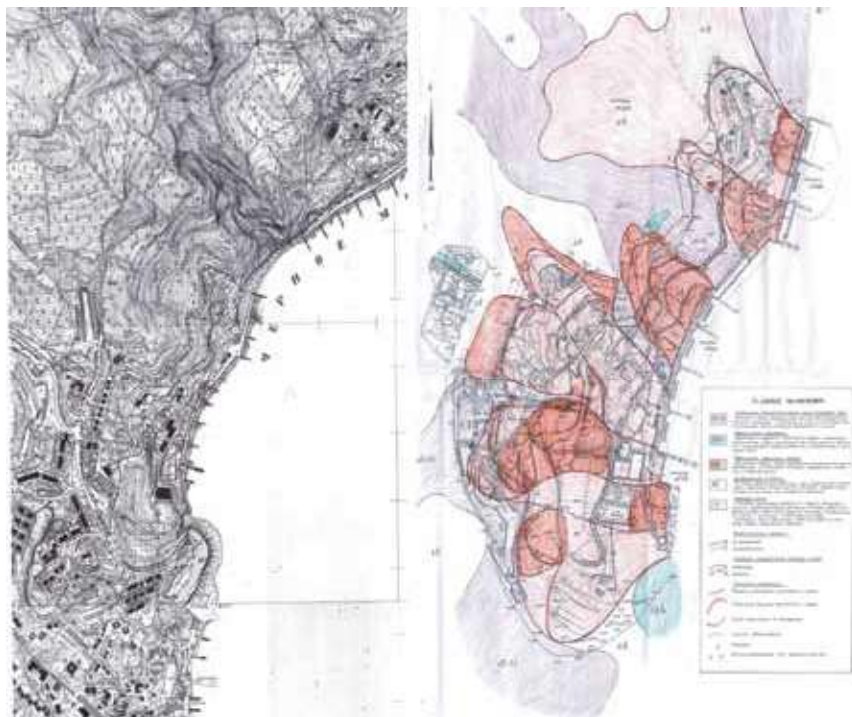


Рисунок 1 – Топографічна зйомка та план розташування зсувонебезпечних ділянок (виділені відтінками брунатного кольору) в північній частині смт Партеніт АР Крим

засаджений сосновими деревами. Абсолютні позначки рельєфу ділянки змінюються від 66,000 м до 68,000 м – на заході, до – 17,500 м на сході. Територія ЗАТ ЛОК «Айвазовське», розташована нижче ділянки проектного «Японського

території; четвертинними відкладеннями (Q). Нерозчленована товща порід Таврійської серії (ТЗ + J1) служить корінним фундаментом території проектного будівництва (ІГЕ-4), представлена товщею аргілітів, лускатих і тонкоплітчатих порід,

садка», штучно виположена, пригнужена насипними ґрунтами. У нижній частині схилу виконано комплекс берегоукріплювальних заходів, який перешкоджає абразійному розмиву берегового уступу - в період штормів силою понад 4 бали (рис. 1). Уточнені межі сучасного активного осередку зсуву № 75, зафіксовані тріщини розтягування, розтягу та зміщення, вали наповзання і випирання. Опливини та спливи також нанесені на інженерно-геологічну карту (рис. 1).

Для виконання розрахунків стійкості, інженерно-геологічні умови прийняті за даними [33].

Інженерно-геологічні умови території.

Геологічний розріз території представлений двома різними за віком і генезисом комплексами порід: відкладеннями Таврійської серії (ТЗ + Л), що складають корінний фундамент

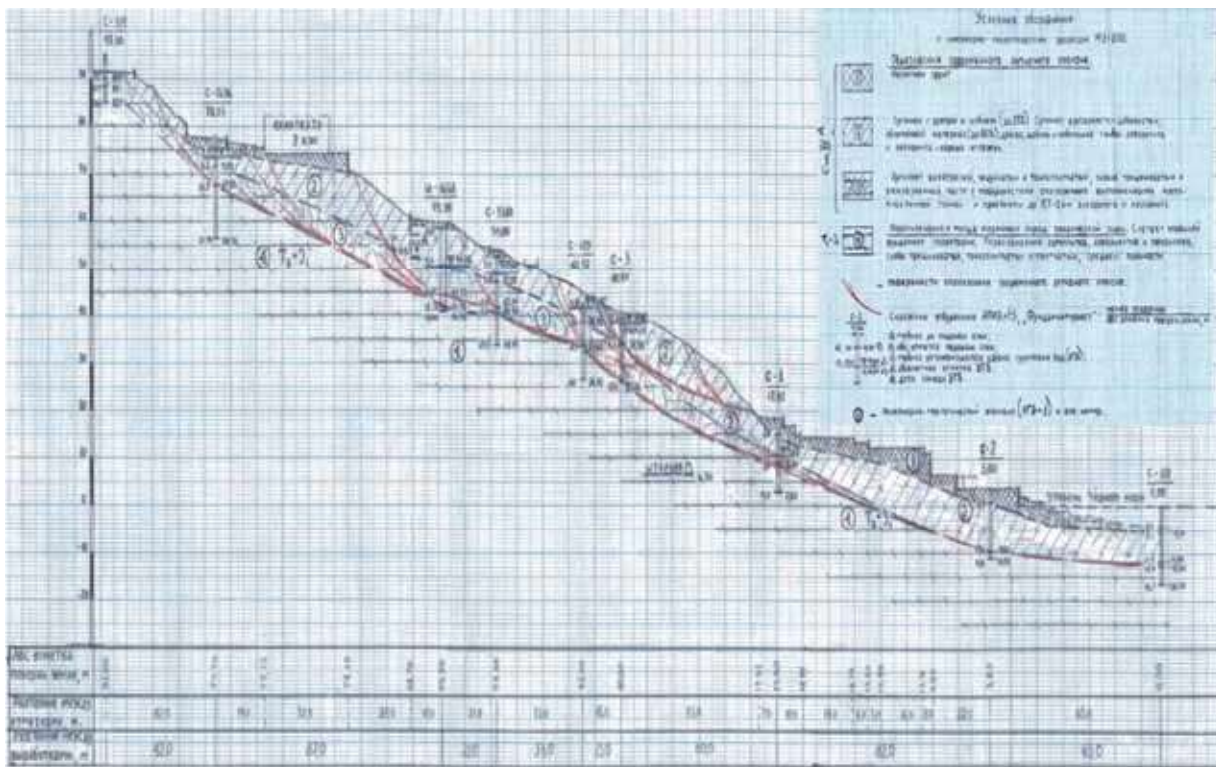


Рисунок 2 – Інженерно-геологічний розріз по лінії 1-1, який проходить по зсуву №75 «Чукурлар-східний», за результатами досліджень НВО Укррегогеобуд [33]



від слабо міцних до міцних з гніздами озалізнення і сульфатної мінералізації (гіпсу і діккіта), з прошарками від 0,05 м до 0,3 м алевроліту і пісковика.

За результатами геофізичних досліджень і буріння свердловин, породи Таврійської серії (ТЗ + J1) в межах ділянки досліджень залягають на глибині від 13,5 м і більше. Четвертинні відкладення (Q) представлені: утвореннями сучасного стабілізуваного зсуву № 75 (Соп IVA); утвореннями сучасного активного осередка зсуву № 75 (Соп IVA) (рис.2).

Утворення сучасного осередку зсуву №75 (Соп IVA) на території досліджень мають площинне поширення. Представлені вони (знизу до верху) (рис.2):

- аргілітами темно-сірими, лускатими і тонкошаровими, від слабо міцних до міцних, з гніздами озалізнення і сульфатної мінералізації (гіпсу і діккіта), з прошарками від 0,05 м до 0,3 м алевроліту і пісковика, сильно тріщинуватих і з поверхніми ковзання (ІГЕ-3);
- суглинками з дресвой і щебенем, сірими і темно-сірими, від м'якопластичного до напівтвердих, з гніздами озалізнення і поверхніми ковзання. Уламковий матеріал (до 25-30%) представлений дресвой, щебенем і рідкісними брилами алевроліту і пісковика;
- суглинками дресвяністо-щебеністими, рідше з дресвой і щебенем, бурими і буро-сірими, напівтвердими і тугопластичними, з поверхніми ковзання і прошарками (до 1,0 - 5,0 см.) М'якопластичних глин. Уламковий матеріал (до 40-45%) представлений дресвой і щебенем алевроліту і піщанику (ІГЕ-2).

Гідрогеологічні умови.

Територія проектного будівництва знаходиться в східній частині Південно-Західного гідрогеологічного району. За гідрогеологічними умовами вона є зневодненою. Віднесення ділянки до середньої частини циркоподібного сучасного зсуву №75 в осевій його частині свідчить про наявність досить великої площі водозбору в верхній частині схилу. Результатом цього є наявність джерел підземних вод, що виклинюються на поверхню в межах сучасної активної ділянки зсуву №75. Формування верховодки свідчить про виточки води зі зношених водоне-

сучих комунікацій ЗАТ «ЛОК» «Айвазовське» і з магістрального водоводу, прокладеного від джерела «Пугача - Чокрак» до дитячого садка, де спостерігається заболочування 150 метрової ділянки схилу - уздовж верхового укусу автодорожнього спуску в смт Партеніт.

Аналіз наявних матеріалів дозволяє зробити висновок, що в межах ділянки проектного «японського садку» є підземні води, які перезвожують утворення сучасного зсуву № 75 (Соп IVA) і є головною умовою формування і розвитку сучасного активного (Соп IVA) зсуву № 75.

В межах ділянки проектного будівництва підземні води розкриті на глибинах від 5,0 м, до 7,6 м в середній частині розрізу зсувних накопичень. Розкриті (свердловина 3) підземні води на глибині 7,3 м - напірні. Сталий рівень води в свердловині - 2,2 м. Джерела, що виклинюються на поверхню вище свердловини 3, заболочують нижчий зсувний схил до автодороги між головним корпусом і плавальним басейном. На рис. 2 червоними лініями позначені передбачувані лінії ковзання зсуву.

Небезпечні екзогенні геологічні процеси.

До екзогенних геологічних процесів, що становлять реальну загрозу ділянці проектного будівництва, слід віднести сучасні зсувні процеси. Зсувні процеси на території ЗАТ "ЛОК" «Айвазовське» мають площинні поширення, з формуванням сучасного зсуву № 75 «Чукурлар-східний» (Соп IVA), в межах широкої



Рисунок 3 – Локальні прояви зсувної активності на схилі: а) тріщини відриву на пішохідних доріжках; б) тріщини відриву на локальних ділянках схилу



циркоподібної улоговини, що заповнена а) ерозійно-зсувними накопиченнями (рис. 2).

Деформація асфальтобетонного покриття дороги, доріжок і водопропускних лотків, а також тріщини розтягування в асфальтовому покритті дороги, що веде від адміністративної будівлі до спальних корпусів і плавального басейну, свідчать про нестійкість активного осередка зсуву №75. Проведені в 2004 р АПІЕ 35 "Фундаментпроект" інженерно-геологічні вишукування підтвердили наявність на схилі зсувних процесів (рис. 3).

Утворення сучасного активного осередку зсуву № 75 «Чукурлар-східний» ($C_{on} IV^A$).

Сучасними зсувними процесами і рухами, в межах ділянки проектного будівництва, захоплені утворення сучасного зсуву ($C_{on} IV^A$) № 75 «Чукурлар-східний». Товщина залучених в зсувних зміщеннях накопичень коливається від 15,45 м - у верхній частині зсувного схилу, до 11,4 м - в середній його частині. Язикова частина активного осередку зсуву № 75 представлена валом наповзання висотою 5,0-8,0 м вище автодороги між головним корпусом і плавальним басейном.

Як правило, в підшві сучасного активного осередку зсуву № 75 залягають сірі і темно-сірі суглинки, що містять уламковий матеріал з м'якопластичної глини (ІГЕ-3) порід Таврійської серії, з поверхніми ковзання. Сучасні техногенні відкладення на території проектного будівництва мають площинні поширення (рис. 4). Сформовані вони в результаті перепланування рельєфу, відвалів привізного ґрунту, будівельного сміття (ІГЕ-1) і додані в сучасні зсувні зміщення. Літологічний склад відкладень - в) суміш місцевих порід, з якого складається чвар, насипного ґрунту та будівельного сміття. Товщина насипних ґрунтів в межах ділянки коливається від 1,0 до 3,0 м. Потужність залучених в зсувні зміщення ґрунтів активного вогнища - зсуву № 75, за даними буріння становить: у верхній частині 11,1 ÷ 15,45 м; в середній частині 11-4-5 м і 13,5 м.

Язикова частина сучасного активного осередку зсуву № 75, що розвантажуюється на підсічку верхового укосу автодороги між головним корпусом і плавальним басейном лікувально-оздоровчого корпусу, частково закріплена підпірною стіною на протязі 33,0 м, висотою 2,5 ÷ 3,0 м. Представлена валом наповзання висотою 5,0 ÷ 6,0 м і представлена сучасними зсувними опливінами, спливами і осовами ґрунту (рис.4).

«Японський сад».

На рис. 5 наведено план «Японського саду», виконаний у відповідності до принципів геотехнічного «зеленого будівництва», що



Рисунок 4 – Загальний вигляд ділянок схилу: а) локальні прояви зсувної активності; б) замочування ґрунтів схилу через вклинювання на поверхню джерел; в) витоків з водогінних комунікацій (заболочування)

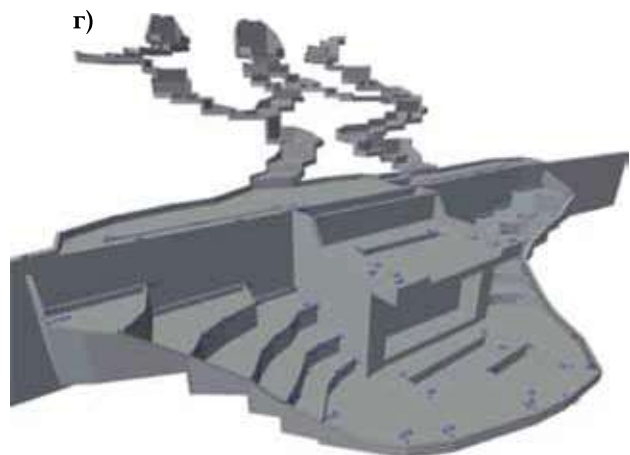


Рисунок 5 – План «Японського саду»: а) , б) – загальний вид та схема «Японського саду»; в) та г) – загальний 3-D вид головних доріжок «Японського саду» та споруди в нижній його частині

розташовано на схилі зсуву № 75.

На рис. 6. наведено фотографії різних стадій будівництва геотехнічних споруд «Японського саду», що стабілізують локальні зсувні процеси на ділянках схилу зсуву № 75 «Чукурлар-східний».

На рис. 7. наведено поперечні перерізи та фотографії доріжок на схилі зсуву №75 «Чукурлар-східний», які виконані у відповідності до принципів геотехнічного «зеленого будівництва». Доріжки не тільки не активізують окремі ґрунтові маси на схилі, а ще стабілізують локальні зсувні процеси на окремих ділянках схилу зсуву № 75 «Чукурлар-східний».

МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ЗСУВНОГО СХИЛУ СУЧАСНОГО ЗСУВУ ($C_{on} IV^d$) № 75 «ЧУКУРЛААР-СХІДНИЙ»

Проведення моделювання стійкості має на меті визначення ступеня стійкості схилу, як на період виконання будівельних робіт зі зведення геотехнічних конструкцій «Японського саду», так і на період постійної його експлуатації. Для досягнення поставленої мети були досліджені і вирішені наступні завдання:

1. Розрахунок загальної та локальної стійкості розглянутої ділянки схилу зсуву №75, як в його природному, так і в водонасиченому стані;



Рисунок 6 – Фотографії різних стадій будівництва (а-г) геотехнічних споруд «Японського саду», що стабілізують локальні зсувні процеси на ділянках схилу зсуву № 75 «Чукурлар-східний»

2. Розрахунки, які отримані за схемою "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею ковзання. При цьому також виконувалось моделювання можливих додаткових сейсмічних навантажень для даного району досліджуваного схилу.
3. За результатами розрахунків стійкості визначався тип і основні параметри підпірних стін, що мають буди запроєктовані та забезпечують одночасно стійкість схилу і відповідність принципам «зеленого будівництва».

Розроблено робочі креслення підпірних стін. Відповідно до Додатку 1 ДБН В.1.1.3-97 "Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення" [31] досліджувану ділянку схилу сучасного зсуву (Соп ІVА) № 75 «Чукурлар-східний» слід розглядати як зсувну територію, тобто таку де зсувні деформації проявляються або мали місце

в минулому. Згідно з вимогами того ж ДБН В.1.1.3-97 [31] для забезпечення загальної та місцевої стійкості схилу величина нормативного коефіцієнта стійкості повинна бути не менше 1,25 при особливих поєднаннях навантажень.

Методика виконання розрахунків стійкості.

Для виконання розрахунків стійкості використано програмний комплекс "SLIDE 5.0" компанії "Rocscience Inc". Даний програмний комплекс призначений для оцінки напружено-деформованого стану ґрунтових масивів під дією статичних та динамічних навантажень, а також стійкості схилів або ґрунтових укосів методами Моргенштерна і Прайса, Бішопа, Янбу та Фелленіуса припускаючи, що поверхні ковзання мають круглоциліндричну форму або представлені у вигляді ламаних ліній. Розрахунок виконаний на 1,0 п.м. в умовах плоскої деформації. При моделюванні ґрунтового масиву прийнята модель ґрунту, що відповідає умові міцності Кулона-

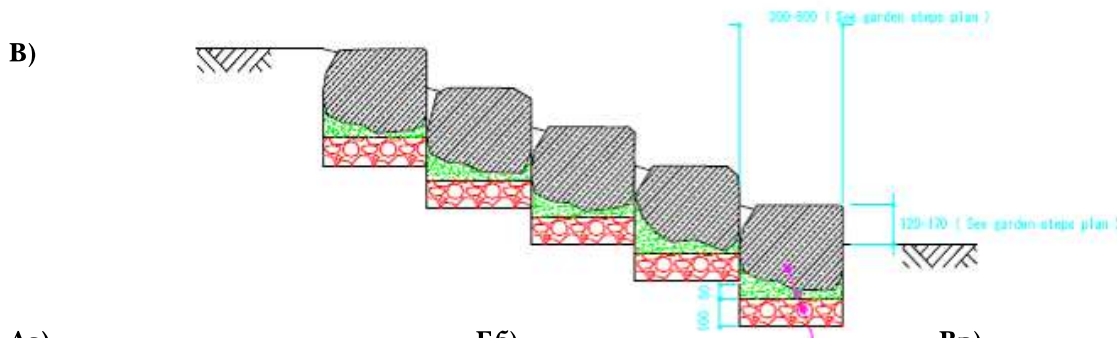
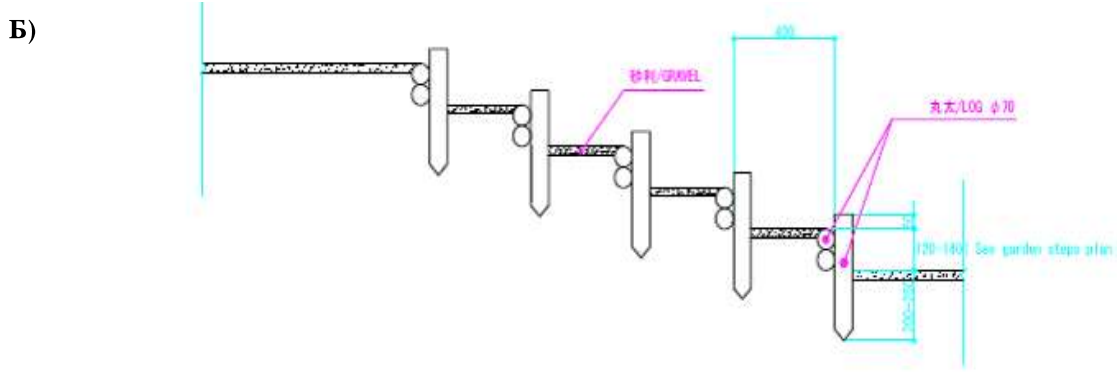
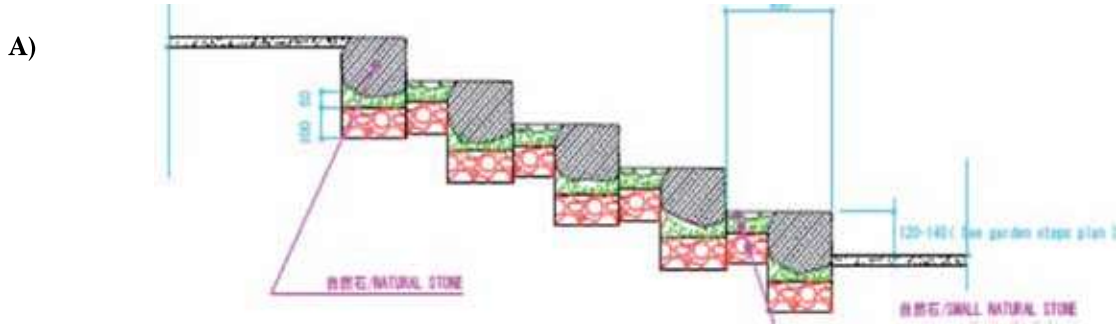


Рисунок 7 – На А), Аа), Б), Бб), В), Вв) наведено поперечні перерізи та фотографії різних типів доріжок на території «Японського саду». Вони всі виконані у відповідності до принципів «зеленого будівництва» в геотехніці та служать локальними стабілізуючими геотехнічними спорудами окремих зсувонебезпечних ділянок на поверхні головного зсуву №75 «Чукурлар-східний»



Мора. Задача визначення коефіцієнтів стійкості схилу і підпірних стінок вирішувалася на підставі наступних вихідних даних:

- інженерно-геологічної будови схилу (координати точок контуру окремих інженерно-геологічних елементів, що характеризують геологічну будову схилу);
- фізико-механічних характеристик ґрунтів і величини зміни зазначених показників при зволоженні;
- положення рівня ґрунтових вод з урахуванням його можливого підняття на прогнозовану величину, що враховує сезонні коливання і підйом за рахунок аварійних витоків з водогінних комунікацій. Область зводнення задається з урахування фільтраційних сил;
- умов розрахунків за фрагментами для визначення локальної стійкості на окремих ділянках схилу.

Розрахунки виконувалися для ґрунтів, що складають схил, як у стані природної вологості, так і для ґрунтів, що знаходяться в водонасиченому стані після тривалих аварійних витоків води з водогінних комунікацій або рясних поверхневих опадів, а також природних джерел. При розрахунку стійкості схилу також використовувалися міцності ґрунтів, отримані за схемою "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею, що моделюють змішання ґрунтів по ослабленим зонам у вигляді природних поверхонь ковзання. Були проведені додаткові розрахунки, на особливе сполучення навантажень, з урахуванням сейсмічної дії (для майданчика сейсмічністю 8 балів, ДБН В.1.1-2006, додаток А [32]).

Опис розрахункового створу.

В якості вихідних даних для створення розрахункового створу був обраний інженерно-геологічний розріз 1-1, який проходить по зсуву №75 [33] (рис.2). Можливі розрахункові випадки визначалися виходячи з реального стану схилу, умов його замочування, процесу розвитку зсувних явищ і можливості виникнення сейсмічних навантажень (землетрус інтенсивністю 8 балів).

Для зазначеного розрахункового створу були розглянуті наступні схеми:

1. Загальна стійкість схилу в разі ґрунтів природної вологості зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею.
2. Загальна стійкість схилу в разі водонасичення ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2) зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею.
3. Загальна стійкість схилу в разі ґрунтів природної вологості зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею і виникнення

сейсмічних навантажень.

4. Загальна стійкість схилу в разі водонасичення ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2) зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею і виникнення сейсмічних навантажень.
5. Локальна стійкість верхньої частини схилу в разі ґрунтів природної вологості зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею після будівництва пальової підпірної стіни (1-а черга), а також загальна стійкість нижчележачого схилу.
6. Локальна стійкість верхньої частини схилу в разі водонасичення ґрунтів що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2) зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею після будівництва пальової підпірної стіни (1-а черга), а також загальна стійкість нижчележачого схилу.
7. Локальна стійкість верхньої частини схилу в разі ґрунтів природної вологості зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею і виникнення сейсмічних навантажень після будівництва пальової підпірної стіни (1-а черга), а також загальна стійкість нижчележачого схилу.
8. Локальна стійкість верхньої частини схилу в разі водонасичення ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2), з виникненням сейсмічних навантажень після будівництва та сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею пальової підпірної стіни (1-а черга), а також загальна стійкість нижчележачого схилу.
9. Локальна стійкість середньої частини схилу в разі ґрунтів природної вологості зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею після будівництва свайної підпірної стіни (2-а черга), а також загальна стійкість нижчележачого схилу.
10. Локальна стійкість середньої частини схилу в разі водонасичення ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2), зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею після будівництва свайної підпірної стіни (2-а черга), а також загальна стійкість нижчележачого схилу.
11. Локальна стійкість середньої частини схилу в разі ґрунтів природної вологості зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею і виникнення сейсмічних навантажень після будівництва пальової підпірної стіни

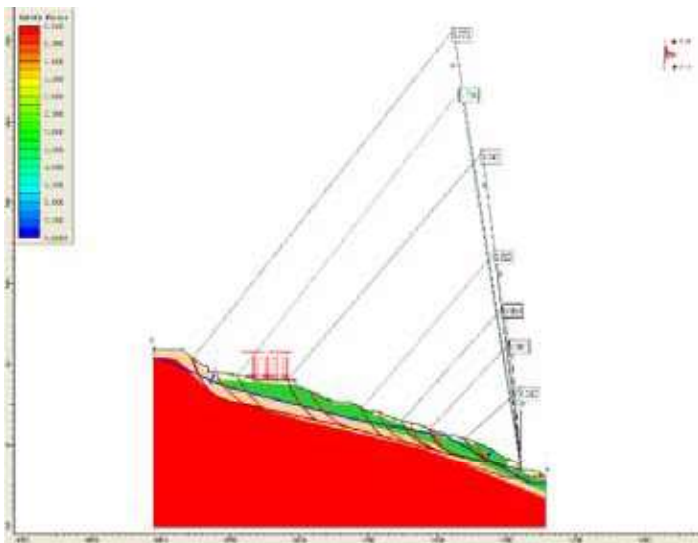


Рисунок 8 – Графічна схема зсувного схилу з усілякими поверхнями ковзання в програмному комплексі "SLIDE 5.0" компанії "Rocscience Inc" для оцінки загальної стійкості схилу при водонасиченні ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2), зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею при виникненні сейсмічних навантажень до будівництва пальових підпірних стін

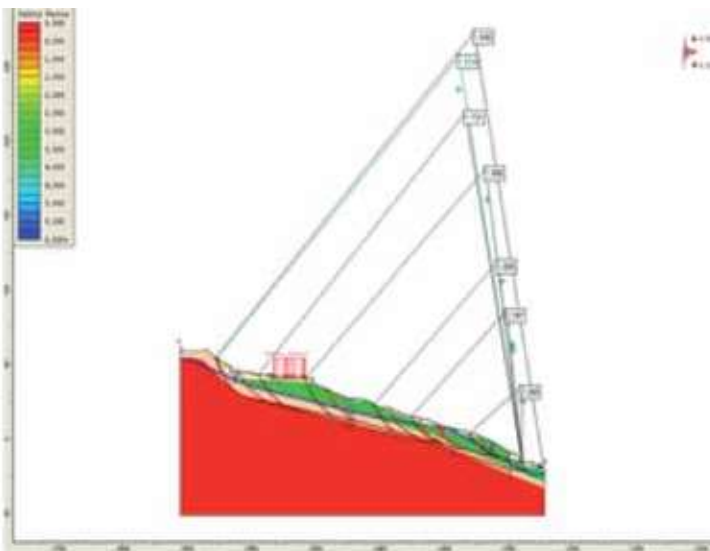


Рисунок 9 – Загальна стійкість схилу в разі водонасичення ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2), зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею та виникненням сейсмічних навантажень після завершення будівництва пальових підпірних стін

(2-а черга), а також загальна стійкість нижчеležачого схилу.

12. Локальна стійкість середньої частини схилу в разі водонасичення ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2), із сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею і виникнення сейсмічних навантажень після будівництва пальової підпірної стіни (2-а черга,) а також загальна стійкість нижчеležачого схилу.
13. Загальна стійкість схилу для ґрунтів природної вологості зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею після завершення будівництва пальових підпірних стін.
14. Загальна стійкість схилу для водонасичення ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2), із сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею після завершення будівництва пальових підпірних стін.
15. Загальна стійкість схилу для ґрунтів природної вологості зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею в випадку виникнення сейсмічних навантажень після завершення будівництва пальових підпірних стін.
16. Загальна стійкість схилу для водонасичення ґрунтів, що складають схил (ІГЕ-1, ІГЕ-2), зі сформованою поверхнею ковзання "плашка по плашці" зі змоченою поверхнею при виникненні сейсмічних навантажень після завершення будівництва пальових підпірних стін.

На рис. 8. і рис. 9. приведена графічна схема зсувного схилу з усілякими поверхнями ковзання в програмному комплексі "SLIDE 5.0" компанії "Rocscience Inc" до і після будівництва пальових підпірних стін для яких були проведені розрахунки.

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

Величини мінімальних коефіцієнтів стійкості найбільш небезпечних поверхонь ковзання наведені в таблиці 3. У проекті протизсувних підпірних стін було прийнято коефіцієнт стійкості схилу $K_{ST} = 1.3$ (для основного сполучення навантажень) і $K_{ST} = 1.25$ (для особливого сполучення навантажень), що відповідає другому ступеню для захисних споруд у відповідності з ДБН В.1.1-3-97 [34].



Таблиця 1- Величини мінімальних коефіцієнтів стійкості найбільш небезпечних поверхонь ковзання

№ розрахункової схеми	Метод розрахунку			
	Моргенштерна-Прайса	Янбу	Бішопа	Фелленіуса
1	1,161	1,148	1,177	1,167
2	1,054	1,04	1,065	1,062
3	0,838	0,83	0,852	0,844
4	0,725	0,717	0,736	0,729
5	2,16/1,285	2,014/1,268	2,04/1,301	2,095/1,277
6	/1,089	1.941/1.069	1.962/1.103	2,024/1,08
7	/0.805	1.2/0.796	1.24/0.82	1.274/0.81
8	/0.695	1.174/0.683	1.192/0.709	1.23/0.697
9	2.685/1.705	2.584/1.567	2.637/1.595	2.696/1.589
10	2.607/1.191	2.504/1.16	2.553/1.181	2.622/1.177
11	1.666/	1.55/1.07	1.593/1.098	1.635/1.098
12	1.621/	1.502/0.792	1.542/0.813	1.589/0.813
13	2.772	2.702	2.81	2.864
14	2.722	2.652	2.755	2.811
15	1.667	1.598	1.668	1.689
16	1.638	1.568	1.634	1.658

Аналіз результатів розрахунків.

Аналіз результатів виконаних розрахунків дозволяє відзначити наступне:

- Детальне вивчення інженерно-геологічного стану даної ділянки схилу дозволило зафіксувати наступні форми деформації мікрорельєфу: тріщини розтягування, розтяг та зміщення, опущені тріщини розтягнення і зміщення у головних зривів і бортів зсуву, валів наповзання і випирання, опливін, спливів та ін., що свідчить про прояв зсувної активності.
- В даний час спостерігається періодичне замочування ґрунтів схилу (через виклинювання на поверхню джерел, витоків з водогінних комунікацій, відсутності ефективної зливової каналізації для організації поверхневого стоку), що призводить до зниження міцності суглинних ґрунтів, і як наслідок, зниження ступеня стійкості. Мінімальний коефіцієнт запасу загальної стійкості ділянки схилу становить $K_{ST} = 1,04$ тобто схил знаходиться в стані граничної рівноваги, а з урахуванням сейсмічного впливу $K_{ST} = 0,72$.
- Для забезпечення нормативної стійкості схилу як в природних умовах, так і випадку виникнення екстремальної ситуації - мож-

ливого землетрусу, потрібно міцна підпірна споруда. Це може бути підпірна стінка зі значним заглибленням.

- Виконані розрахунки для 3-х рядів пальових підпірних стін показують, що дана система протизсувних конструкцій забезпечує загальну стійкість схилу з коефіцієнтом запасу $K_{ST} = 1,57$ навіть при виникненні екстремальної ситуації (сейсмічних навантажень від вірогідного землетрусу).

В результаті розрахунків визначено величини зсувного тиску по найбільш небезпечній поверхні ковзання, яка має мінімальний коефіцієнт стійкості: для підпірних стін першої черги будівництва - 395,0 т/п.м.; для підпірних стін другої черги будівництва - 263,74 т/п.м.; для підпірних стін третьої черги будівництва - 56,1 т/п.м.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПІДПІРНИХ СТІН

Опис прийнятого типу конструкції підпірних стін.

За результатами виконаних розрахунків визначено параметри підпірної стіни (позначки, довжини, товщини, армування і т.д.), що зможуть забезпечити стійкість схилу і міцність самої стіни.



Реалізована в робочих кресленнях конструкція підпірних стін являє собою три ряди паль $\varnothing 820$ мм для першої черги протизсувних споруд зсуву №75, два ряди паль $\varnothing 820$ мм для другої черги протизсувних споруд та один ряд паль - для третьої черги. Крок паль - 1800 мм для першої і другої черг, 1250 мм - для третьої черги. Глибина закладення підшви паль в корінні, незміщенні породи не менше 4 м. Довжина підпірних стін по горизонталі - 80-100 м. По верху паль залізобетонний ростверк висотою 1200 мм. Всі монолітні залізобетонні конструкції при будівництві палових підпірних стін виконуються з бетону класу В25.

Розрахунок палових підпірних стін за двома стадіями граничних станів.

Розрахунок прийнятих конструктивних рішень підпірних стін здійснюється на основі їх просторових комп'ютерних моделей, що були створені для загального розрахунку системи "грунтовий масив - конструкція стіни". Моделювання і розрахунок підпірних стін виконано за допомогою програмного комплексу "LIRA-WINDOWS", в основу розрахунку якого покладено метод кінцевих елементів у вигляді переміщень. Для виконання розрахунків побудовані розрахункові схеми підпірних стін.

У розрахункову схему введено такі конструктивні елементи: залізобетонні палі і обв'язувальний ростверк, що проходить по оголовкам паль. У вихідних даних розрахункових моделей для залізобетонних елементів прийнято: модуль деформації $E=3,06 \cdot 10^6$ т/м², коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,2$.

Для моделювання роботи паль і монолітного ростверку прийняті кінцеві елементи 10-го типу - "універсальний просторовий стрижень", а також палі на контакт з ґрунтовим масивом - кінцеві елементи 51 типу - "зв'язок кінцевої жорсткості".

Для моделювання ґрунтової основи в горизонтальному напрямку (по осях ОХ і ОУ) в вузлі розбиття тіла паль по всій висоті заглиблення в ґрунт встановлені КЕ 51 типу з односторонньою величиною жорсткості в горизонтальних напрямках. Величини таких жорсткостей, які задаються в елементи 51 типу і моделюють контакт бічної поверхні паль з ґрунтом, визначалися залежно від глибини розташування розрахункових ділянок і характеристик ґрунтів відповідно до Доповнення 1 СНиП 2.02.03-85 "Палові фундаменти" [35]. Розбивка тіла паль від позначки розміщення обв'язувального ростверку до позначки п'ятої палі виконана по 1,0 м.

Навантаження в розрахунковій моделі.

Для елементів розрахункової схеми прийняті такі навантаження:

- Власна вага конструкцій. Визначається в автоматичному режимі роботи ПК "LIRA-WINDOWS" з урахуванням геометричних

розмірів і заданої об'ємної маси матеріалу конструкцій кінцевих елементів.

- Навантаження від зсувного тиску. Задані на стрижневі елементи паль у вигляді погонної по висоті палі навантаженні, яка зібрана з відповідних площ. Величина горизонтального навантаження розподіляється по трикутній епюрі.
- Навантаження від дії побутового тиску ґрунту. Задані на стрижневі елементи паль у вигляді погонної по висоті палі навантаженні, яка зібрана з відповідних площ. Навантаження визначалося в залежності від глибини розміщення перерізу палі і задавалося змінним по довжині палі. Величина горизонтального навантаження розподіляється по трикутній епюрі на рівні позначки розробки дна підпірної стіни і становить 10 т/м. Такі навантаження діють на крайні палі в кожному ряду підпірної стіни. Всі навантаження на несучі елементи просторової моделі підпірної стіни задані як нормативні.

В ході виконання чисельних досліджень для отримання напружено-деформованого стану конструкції підпірної стіни було проведено 2 варіанти розрахунків для різних сполучень навантажень (РСН).

1. Варіант РСН - виконано для аналізу деформованого стану конструкцій. В цей варіант поєднання увійшли нормативні навантаження 1 ... 3 завантажень.
2. Варіант РСН - виконаний для визначення діючих напружень і зусиль в конструкціях і проведення по ним армування. У поєднання навантажень увійшли навантаження від 1 ... 3 завантаження з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням.

Аналіз результатів розрахунку підпірних стін.

Для обґрунтування і перевірки запропонованих конструкторських рішень по влаштуванню підпірних стін виконані числові дослідження. За розрахунками комп'ютерної моделі для різних ділянок підпірної стіни отримані наступні результати напружено-деформованого стану її елементів.

1. Переміщення і деформації.

Для вузлів розрахункової схеми при додатку навантажень по РСН варіант № 1 максимальна величина горизонтальних деформацій при розробці підпірної стіни складала: 1.6 см - для 1-ї черги будівництва; 0.6 см - для 2-ї черги будівництва та 2.5 см - для 3-ї черги будівництва. В цілому, величини горизонтальних деформацій розрахункових моделей знаходяться в допустимих межах. Розвиток деформацій такого порядку не заподіє негативного впливу на ґрунтові масиви.

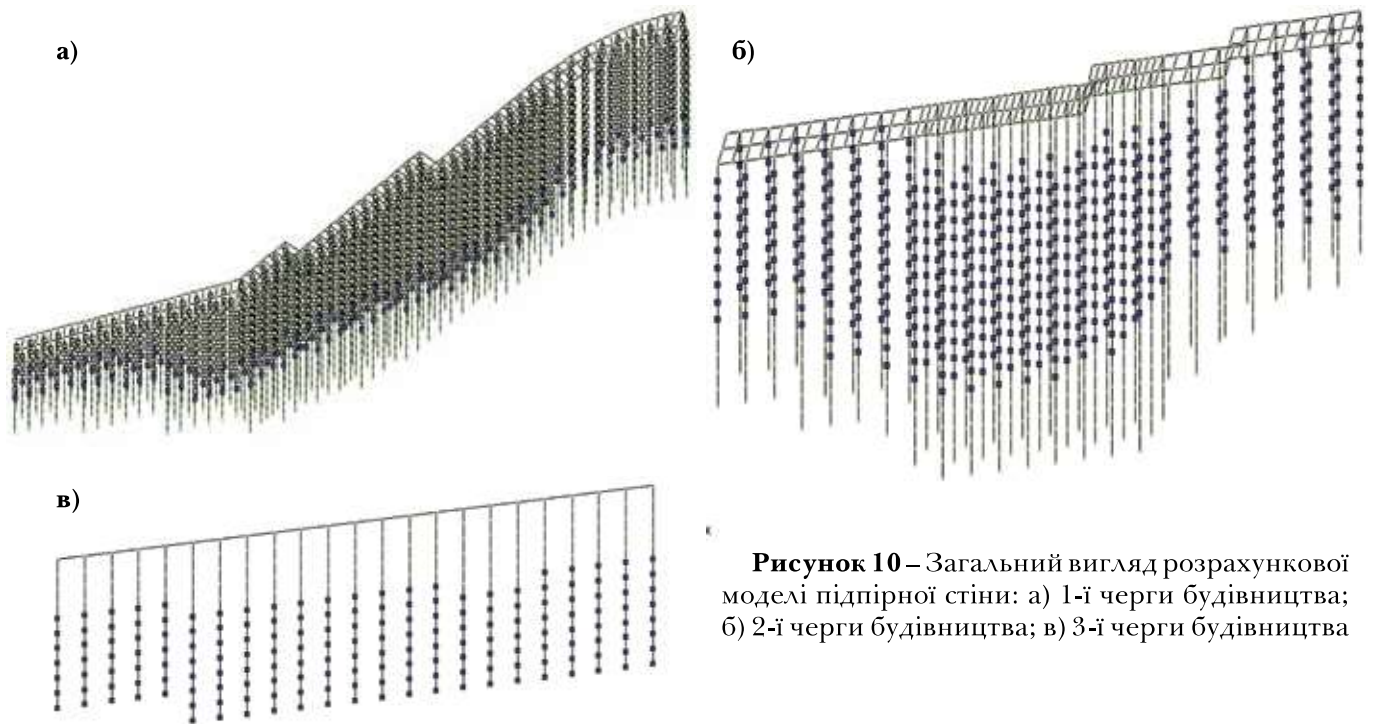


Рисунок 10 – Загальний вигляд розрахункової моделі підпірної стіни: а) 1-ї черги будівництва; б) 2-ї черги будівництва; в) 3-ї черги будівництва

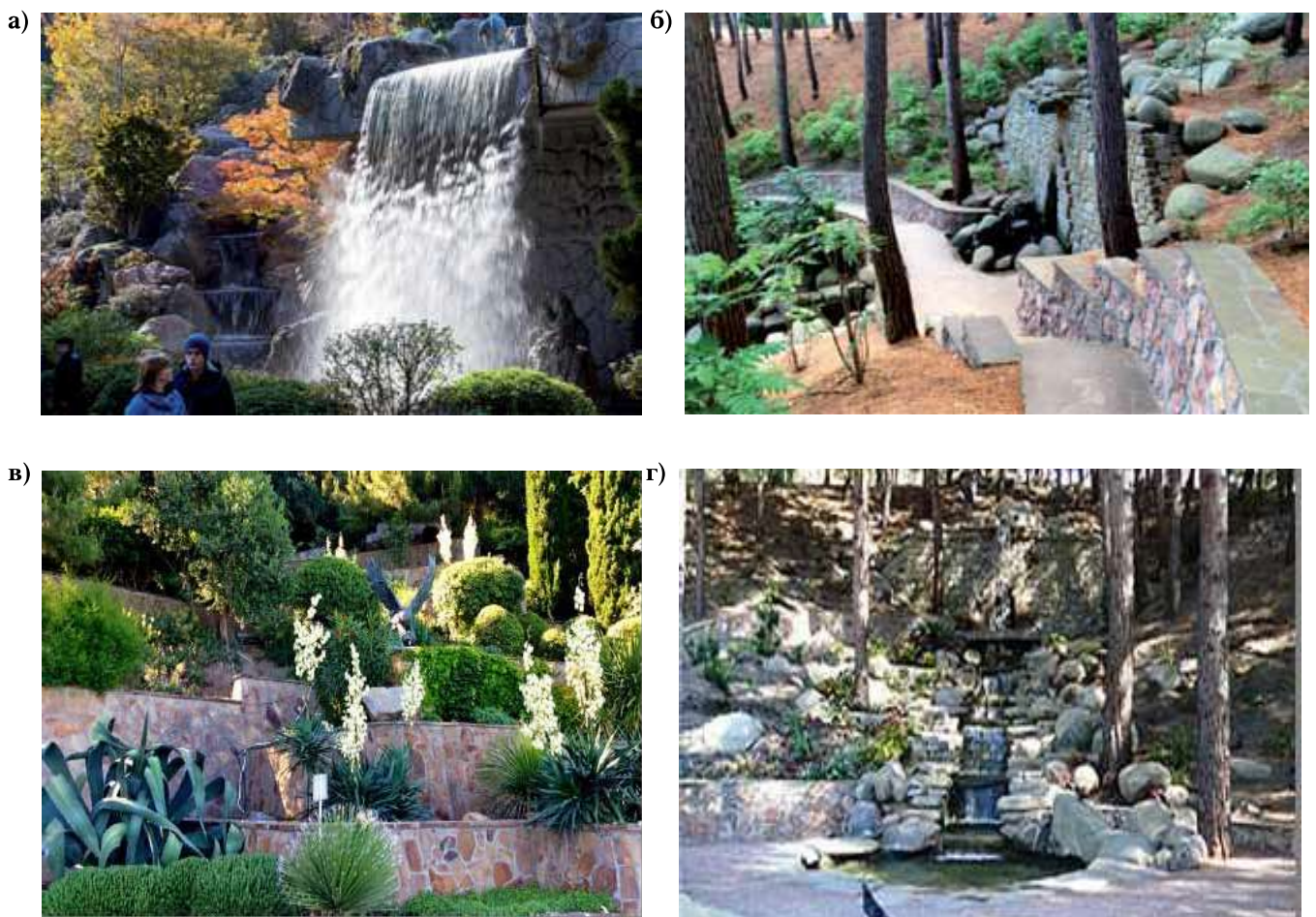


Рисунок 11 – Сучасний стан «Японського саду» в окупованому Російською Федерацією Українському Криму



2. Напруження і зусилля.

Деформації, що описані вище, призведуть в елементи підірних стін до таких зусиль. У всіх розрахункових випадках максимальні значення поперечних сил від зсувного тиску становили:

Q_u - від -76,73 т до 60,57 т - для 1-ї черги будівництва.

Q_u - від -58,84 т до 57,67 т - для 2-ї черги будівництва.

Q_u - від -23,79 т до 18,96 т - для 3-ї черги будівництва.

У всіх розрахункових випадках максимальні значення згинального моменту від зсувного тиску становили:

M_u - від -56,32 тс*м до 60,37 тс*м і M_z - від -123,13 тс*м до 92,7 тс*м - для 1-ї черги будівництва.

M_u - від -32,72 тс*м до 35,07 тс*м і M_z - від -95,38 тс*м до 45,0 тс*м - для 2-ї черги будівництва.

M_u - від -23,37 тс*м до 19,62 тс*м і M_z - від -46,53 тс*м до 15,02 тс*м - для 3-ї черги будівництва;

3. Армування.

За результатами отриманого напружено-деформованого стану кінцевих елементів розрахункової моделі проведено армування залізобетонних конструкцій підірних стін. Вибір армування виконується в автоматичному режимі роботи ПОМ програмним модулем "LірАрм", який входить до складу ПК "LIRA-WINDOWS". Захисний шар в буріоін'єкційних палях прийнятий 100 мм, в монолітному ростверку – 50 мм. В результаті армування отримано розподіл необхідної кількості арматури в палях підірної стіни.

На рис. 10 наведено загальний вигляд графічної розрахункової моделі підірної стіни: а) - 1-ї черги будівництва; б) - 2-ї черги будівництва; в) - 3-ї черги будівництва.

Сучаний стан «Японського саду» зображено рис. 11. Деформацій ґрунту ніде не зареєстровано за останні роки. Об'єкт української культурної спадщини регулярно відвідують російські туристи в окупованому Російською Федерацією Українському Криму. Всі протизсувні конструкції недеформовані та витримують відповідний зсувний тиск від ґрунтових мас.

ВИСНОВКИ

1. В епоху загрози кліматичних змін, браку енергії і постійно зростаючих проблем зі здоров'ям має сенс будувати довговічні будинки, заощаджувати енергію, скорочувати відходи і

забруднення, а також зміцнювати здоров'я і благополуччя. Зелена будівля - це більше, ніж зразок для стійкого життя; це може створити надію на майбутнє. Хоча в Україні це відносно новий напрямок, зелене будівництво є дуже перспективною і швидко розвиваючоюся областю. Існує великий потенціал для впровадження стандартів BREEAM, LEED і DGNB в Україні, тому що будівельний сектор є дуже активним. У той же час, будівельні технології, що зараз використовуються в Україні, не відповідають міжнародним стандартам зеленого будівництва BREEAM, LEED і DGNB.

2. «Зелені стандарти» будівництва - один з найперспективніших напрямків розвитку не тільки будівельного комплексу, а й соціального середовища суспільства. «Зелене» будівництво набуло широкого поширення в останнє десятиліття в США (LEED), у Великобританії (BREEAM), в Німеччині (NDBG) і ще більш, ніж в 40 країнах (Австралія, Канада, Індія та ін.). Вже понад 100 тис. будівель в світі сертифіковано по «зеленим стандартам». «Зелені стандарти» в світовій практиці розвиваються як рейтингові системи добровільного застосування. До факторів високої затребуваності «зеленого будівництва» слід віднести:

- гуманістичну соціальну спрямованість бренду, підтримувану всіма верствами суспільства;
- зниження енергетичної залежності економік країн від невідновлюваних паливно-енергетичних ресурсів;
- раціональне використання водних ресурсів;
- зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище;
- підвищення якості життя, оздоровлення середовища проживання;
- комерційну привабливість, зростання споживчого попиту на зелені житлові і громадські будівлі;
- розвиток індикаторів конкурентної переваги будівельних компаній-виробників будівельних і оздоблювальних матеріалів, інженерного обладнання, що працюють в межах стандартів «зеленого будівництва».

3. Національні рейтингові системи «зеленого будівництва» збудовані під свої нормативні бази в галузі будівництва, енергозбереження, екології та враховують свої національні традиції, ресурсні, енергетичні та економічні пріоритети. Адаптація «зелених стандартів» провідних країн в інших державах базується на прийнятті за основу нормативно-методичної бази країн - лідерів зеленого руху (наприклад, LEED - в Канаді та ін.). Однак, до теперішнього часу спроб гармонізації національних моделей-стандартів зеленого будівництва країн-лідерів в даній галузі (США - LEED, Великобританії - BREEAM, Німеччини - DGNB) не відзначається.



4. Зелене будівництво є важливим компонентом стійкого розвитку. Особлива увага повинна бути приділена наступним п'яти темам [36]:

- управління зеленим будівництвом в цілому, переваги та бар'єри для розвитку зеленого будівництва;
- ефективність зеленого будівництва;
- поведінка зацікавлених сторін щодо зелених будівель і стратегії зеленого будівництва;
- майбутні напрямки досліджень, що стосуються зеленого будівництва, пропонуються для управління зацікавленими сторонами, політики і стимулів, розвиток комунікаційної платформи;
- модернізація існуючих будівель.

5. Україна активно долучається до міжнародних конвенцій, які зменшують забруднення навколишнього середовища, і прагне поліпшити національні стандарти відповідно до міжнародних вимог. Вже є приклади сертифікованого за стандартом BREEAM зеленого будівництва житлових комплексів в Києві. Загальна економічна і політична ситуація, здається, готова вітати впровадження зеленого будівництва по всій Україні. Розвиток зеленого будівництва буде важливою галуззю в Україні, і більш всебічні дослідження по зеленому будівництву можуть сприяти подальшому її прогресу.

6. Основна мета концепції сталого розвитку в геотехнічному «зеленому будівництві» полягає в тому, щоб:

- I. Надати йому економічну конкурентоспроможність та достатню корисність;
- II. В той же час знизити енерго- і матеріаломісткість;
- III. Зменшити площу земельних ділянок, що відводиться під будівництво;
- IV. Мінімізувати ризики шкоди для здоров'я і життя людей в разі аварій і небажаних подій під час геотехнічного будівництва.

7. За результатами геотехнічного проектування і розрахунку протизсувних споруд зсувонебезпечної ділянки сучасного стабілізованого зсуву № 75 «Чукурлар-східний» в межах концепції «зеленого будівництва» можна сформулювати такі загальні висновки щодо стійкості схилу, де розташований "Японський сад" на території ДП "Айвазовське" в смт Партеніт АР Крим:

7.1. Обґрунтовано технічні рішення і розроблені робочі креслення підпірних стін, що дозволяють забезпечити нормативну стійкість розглянутої ділянки зсувного схилу сучасного зсуву (Соп IVA) № 75 «Чукурлар-східний», на якому розташований «Японський сад» відповідно до принципів «зеленого будівництва». Це дозволить не допустити подальшого руйнування існуючих будівель, доріг і підпірних стін.

7.2. До початку «зеленого будівництва» "Японського саду", схил в межах ділянки, відведеної під будівництво, в природних умовах знаходився в стані граничної рівноваги. Мінімальний коефіцієнт запасу стійкості дорівнює 1,04, а з урахуванням сейсмічного впливу - 0,72. На схилі зафіксовані наступні форми деформації мікрорельєфу: тріщини розтягування, розтягу та зсуву, опущених тріщин розтягнення і зсуву - головних зривів і бортів, валів наповзання і випирання, опливін, спливів і т.п. що свідчить про прояв зсувної активності. Спостерігається періодичне замочування ґрунтів схилу (через вклинювання на поверхню джерел, витоків з водогірних комунікацій, відсутності ефективної зливової каналізації для організації поверхневого стоку), що призводить до зниження міцності суглинних ґрунтів, і як наслідок, зниження ступеня стійкості. З огляду на те, що на схилі немає затримуючих протизсувних споруд, слід очікувати подальшого розвитку зсувній активності, аж до руйнування цілісності схилу ґрунтового масиву.

7.3. Для забезпечення стійкого стану схилу рекомендовано:

- i. Будівництво системи підпірних стін на пальовій основі із заглибленням їх в незсунені ґрунти з виконанням вимог зеленого будівництва.
- ii. Провести ревізію і ремонт водогірних комунікацій ЗАТ ЛОК "Айвазовське": водотоків, каналізаційних мереж та опалювальних систем, лотків-зливостоків і водопропусків.
- iii. Організувати стік просочуючихся на поверхню джерел заболочуваної території, з відведенням їх в загальну зливну каналізацію, в тому числі з використанням існуючої штольні.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Фаренюк Г.Г. Зеленое строительство. *Бизнес*. 2016. №39(1234). С.34-35.
2. United Nations Environment Programme 2009 Annual Report (2009). 94 p. URL: <http://www.unep.org/10yfp/programmes/sustainable-buildings-and-constructionprogramme>
3. Baynes T., Bergesen J., Labbé F., Musango J.K., Ramaswami A., Robinson B., Salat S., Suh S., Currie P., Fang A., Hanson A., Kruit K., Reiner M., Smit S., Tabory S. A Report by the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya. The Weight of Cities summary report 2018. URL: <https://www.resourcepanel.org/reports/weight-cities>
4. Soutli E., Leonard D. The value of BREEAM A review of latest thinking in the commercial



- building sector. London: BRE Global Ltd. 2016.
5. United Nations Environment Programme 2009 Annual Report. 2009. 94 p. ULR: <http://www.unep.org/10yfp/programmes/sustainable-buildings-and-constructionprogramme>
 6. The Weight of Cities: Resource Requirements of Future Urbanization. Swilling, M., Hajer, M. International Resource Panel. 2018. ULR: <https://www.resourcepanel.org/>
 7. Thompson M., Cooper I., Gething B. The business case for adapting buildings to climate change: Niche or mainstream? Innovate UK Technology Strategy Board. 2015.
 8. Building Research Establishment Trust. ULR: <https://bregroup.com/bretrust>
 9. Кошкина С.Ю., Корчагина О.А., Воронкова Е.С. “Зелёное” строительство как главный фактор повышения качества окружающей среды и здоровья человека. *Вопросы современной науки и практики. Ун-т им.В. И. Вернадского*. 2013. 3 (47). С. 150–158.
 10. World Green Building Trends 2016 report. ULR: <https://www.construction.com/toolkit/reports/world-greenbuilding>
 11. About David Gottfrid. ULR: <https://regen360.net/about/>
 12. The DGNB System. ULR: <https://www.dgnb-system.de/en/system/index.php>
 13. Гаевская, З.А., Лазарева, Ю.С., Лазарев, А. Н. Проблемы внедрения системы “зеленых” стандартов. *Молодой учёный*. 2015. 16 (96). С. 145–152.
 14. Гусева, Т.В., Молчанова, Я.П., Панкина, Г.В., Петросян, Е.Р «Зеленые» стандарты в строительстве. *Компетентность*. 2012. 8 (99). С. 22–28.
 15. What is BREEAM? ULR: <https://www.breeam.com/>
 16. Табунщиков Ю.А., Гранев В.В., Наумов А.А. Рейтинговая система оценки проектов жилых и общественных зданий высокой энергетической и экологической эффективности – АВОК. 2010. 7.
 17. World Green Building. ULR: <https://www.worldgbc.org/>
 18. Стратегія розвитку міста Києва до 2025 року затверджено рішенням Київської міської ради №824/7060 від 15 грудня 2011 р., нова редакція 2016 р.
 19. Ваничек І. Применение Еврокода 7 к грунтовым конструкциям. *Світ геотехніки*. 2016. 4. С.4-8.
 20. Kaliukh I., Trofymchuk O., etc. Arrangement of deep foundation pit in restricted conditions of city build-up in landslide territory with considering of seismic loads of 8 points. *Proceedings XVI ECSMGE, 13th-17th SEPTEMBER 2015*. Edinburgh, Great Britain. P. 535-540.
 21. Kaliukh I., Silchenko K., etc. Trench strengthening in the restrained conditions of urban development with allowance for the magnitude 8 seismic loads. *Proceedings of the XV Danube - European Conference on Geotechnical Engineering, 9-11 September*. Vienna, Austria. P. 535-540.
 22. Kaliukh I., Senatorov V., Khavkin O., Polevetskiy V., Silchenko K., Kaliukh T., Khavkin K. Experimentally-analytical researches of the technical state of reinforced-concrete constructions for defense from landslide’s pressure in seismic regions of Ukraine. *Proceedings of the Fib Symposium. 22-24 April 2013*. Tel-Aviv, Israel. P.625-628.
 23. Trofymchuk O., Kaliukh I., Berchun V. Landslide stabilization in building practice: methodology and case study from Autonomic Republic of Crimea. *Proceedings of the WLF4. Springer-Verlag. Berlin, Germany*. P. 587-595.
 24. Trofymchuk O., Yakovlev E., etc. Hazardous Activation of Landslides Within Western Carpathian Region (Ukraine). *Proceedings of the WLF3. Landslide Science for a Safer Geoenvironment. Volume 2. Methods of Landslide Studies*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. P.533-536.
 25. Trofymchuk O., Kaliukh I., Glebchuc A., etc. Modelling of Landslide Hazards in Kharkov Region of Ukraine Using GIS. *Landslides: Global Risk Preparedness*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. P.273-283.
 26. Trofymchuk O., Kaliukh I., etc. Mathematical and GIS-modelling of landslides in Kharkov region of Ukraine. *Proceedings of WLF2. Landslide Science and Practice. Volume 3. Spatial Analysis and Modelling*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. P 347-352.
 27. Trofymchuk O.M., Kaliukh I.I., Hlebchuk H.S., Berchun V.P. Experimental and analytical studies of landslides in the south of Ukraine under the action of natural seismic impacts. *Proceedings of the International Symposium on Earthquake-Induced Landslides*. Kiryu, Japan. Springer-Verlag, Berlin, Germany. P.883-890.
 28. Trofymchuk O., Kaliukh Y., Dunin V., Berchun Y. On the Possibility of Multi-Wavelength Identification of Defects in Piles. *Cybernetics and Systems Analysis*. 54, 600–609. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10559-018-0061-9>
 29. Trofymchuk O., Kaliukh I. Activation of landslides in the south of Ukraine under the action of natural seismic impacts (experimental and analytical studies). *Journal of Environmental Science and Engineering*. 2013. 2(2):68-76.
 30. Trofymchuk O., Kaliukh I., Klymenkov O. TXT-tool 2.380-1.1. Monitoring and Early Warning System of the Building Constructions



of the Livadia Palace, Ukraine. *Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools*. Volume 1. Springer, Cham., 2017. P.491-508.

31. ДБН В.1.1.3-97 "Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення". ULR: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4955
32. ДБН В.1.1-2006 "Будівництво у сейсмічних районах України". ULR: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-427>
33. Висновок «Про інженерно-геологічних умовах ділянки проектного будівництва «Японського садка» в ЛОК «Айвазовське» НВО Укррекогеобуд, ТОВ «Південнобережний центр вишукувань», м Алушта. 2004.
34. ДБН В.1.1-3-97 "Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення". ULR: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-293>
35. СНиП 2.02.03-85 „Свайные фундаменты”. ULR: <http://docs.cntd.ru/document/871001183>
36. Huo X., Yu A. Analytical review of green building development studies. *Journal of Green Building*. 2017. 12(2): 130-148.

REFERENCES

1. Farenjuk, G. (2016). Green construction. *Business*, 39(1234), 34-35.
2. *United Nations Environment Programme. 2009 Annual Report*. (2009). Retrieved from <http://www.unep.org/10yfp/programmes/sustainable-buildings-and-constructionprogramme>.
3. Baynes, T., Bergesen, J., Labbé, F., Musango, J.K., Ramaswami, A., Robinson, B., ...Tabory, S. (2018). The International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. *The Weight of Cities summary report*. Retrieved from <https://www.resourcepanel.org/reports/weight-cities>.
4. Soulti, E., & Leonard, D. (2016). *The value of BREEAM. A review of latest thinking in the commercial building sector*. London: BRE Global Ltd.
5. *United Nations Environment Programme. 2009 Annual Report*. (2009). Retrieved from <http://www.unep.org/10yfp/programmes/sustainable-buildings-and-constructionprogramme>
6. Swilling, M., & Hajer, M. (2018). International Resource Panel. *The Weight of Cities: Resource Requirements of Future Urbanization*. Retrieved from <https://www.resourcepanel.org/>
7. Thompson, M., Cooper, I., & Gething, B. (2015). *The business case for adapting buildings to climate change: Niche or mainstream?* Innovate

UK Technology Strategy Board.

8. *Building Research Establishment Trust*. Retrieved from <https://bregroup.com/bretrust>
9. Koshkina, S.Yu., Korchahina, O.A., & Voronkova, E.S. (2013). "Green" Construction as Major Factor of Improving Environmental Quality and Human Health. *Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 3 (47), 150–158. Moscow: NGO "Forum Green Construction", Tambov: Tambov State Technical University.
10. *World Green Building Trends 2016 report*. Retrieved from <https://www.construction.com/toolkit/reports/world-greenbuilding>
11. *About David Gottfrid*. Retrieved from <https://regen360.net/about/>
12. The DGNB System. Retrieved from <https://www.dgnb-system.de/en/system/index.php>
13. Gaievskaiia, Z.A., Lazareva, Yu.S., & Lazarev, A.N. (2015). Problems of the "green" standards system implementation. *Young scientist*, 16 (96), 145–152.
14. Husieva, T.V., Molchanova, Ya.P., Pankina, H.V., & Petrosian, E.R. (2012). The "green" standards in construction. *Competency*, 8 (99), 22–28.
15. *What is BREEAM?* Retrieved from <https://www.breeam.com/>
16. Tabunshchikov, Yu.A., Graney, V.V., & Naumov, A.L. (2010). Rating system for the design evaluation of residential and public buildings of high energy and environmental efficiency. *ABOK*, 7.
17. *World Green Building*. Retrieved from <https://www.worldgbc.org/>
18. *The development strategy of the city of Kyiv until 2025 (approved by the decision of the Kyiv City Council №8247060 of December 15, 2011, 2016 new edition)*.(2016).
19. Vanichek, I. (2016). Eurocode 7 application to the soil structures. *World of Geotechnics*, 4, 4-8.
20. Kaliukh I., Trofymchuk O., etc. (2015) Arrangement of deep foundation pit in restricted conditions of city build-up in landslide territory with considering of seismic loads of 8 points. *Proceedings XVI ECSMGE, 13th-17th SEPTEMBER 2015, Edinburgh, Great Britain*, pp. 535-540.
21. Kaliukh I., Silchenko K., etc. (2014). Trench strengthening in the restrained conditions of urban development with allowance for the magnitude 8 seismic loads. *Proceedings of the XV Danube - European Conference on Geotechnical Engineering, 9-11 September, Vienna, Austria*. pp. 535-540.
22. Kaliukh, I., Senatorov, V., Khavkin, O., Polevetskiy, V., Silchenko, K., Kaliukh, T., & Khavkin, K. (2013). Experimentally-analytical researches of the technical state of



- reinforce-concrete constructions for defense from landslide's pressure in seismic regions of Ukraine. *Proceedings of the Fib Symposium. 22-24 April 2013, Tel-Aviv, Israel.* pp.625-628.
23. Trofymchuk O., Kaliukh I., & Berchun V. (2017). Landslide stabilization in building practice: methodology and case study from Autonomic Republic of Crimea. *Proceedings of the WLF4*, pp. 587-595 Berlin, Germany: Springer-Verlag.
24. Trofymchuk O., Yakovlev E., etc. (2014). Hazardous Activation of Landslides Within Western Carpathian Region (Ukraine). *Proceedings of the WLF3. Landslide Science for a Safer Geoenvironment (Volume 2): Methods of Landslide Studies*, pp.533-536. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
25. Trofymchuk O., Kaliukh I., Glebchuc A., etc. (2013). Modelling of Landslide Hazards in Kharkov Region of Ukraine Using GIS. In: *Landslides: Global Risk Preparedness*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. pp.273-283.
26. Trofymchuk O., Kaliukh I., etc. (2013). Mathematical and GIS-modelling of landslides in Kharkov region of Ukraine. *Proceedings of WLF2. Landslide Science and Practice (Volume 3): Spatial Analysis and Modelling*, pp 347-352. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
27. Trofymchuk, O.M., Kaliukh, I.I., Hlebchuk, H.S., & Berchun, V.P. (2013). Experimental and analytical studies of landslides in the south of Ukraine under the action of natural seismic impacts. *Proceedings of the International Symposium on Earthquake-Induced Landslides, Kiryu, Japan*, pp.883-890. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
28. Trofymchuk, O., Kaliukh, Y., Dunin, V., & Berchun, Y. (2018). On the Possibility of Multi-Wavelength Identification of Defects in Piles. *Cybernetics and Systems Analysis*. 54, 600–609. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10559-018-0061-9>
29. Trofymchuk O., & Kaliukh I. (2013). Activation of landslides in the south of Ukraine under the action of natural seismic impacts (experimental and analytical studies). *Journal of Environmental Science and Engineering*, 2(2), 68-76.
30. Trofymchuk, O., Kaliukh. I., & Klymenkov, O. (2017). TXT-tool 2.380-1.1. Monitoring and Early Warning System of the Building Constructions of the Livadia Palace, Ukraine. *Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools* (Vol. 1), 491-508. Cham: Springer.
31. Engineering protection of territories, buildings and structures from landslides and failures. Substantive provisions: DBN V.1.1.3-97. (2007). Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4955
32. Construction in seismic regions of Ukraine: DBN V.1.1-2006 (2006). Retrieved from <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-427>
33. *Conclusion on the engineering and geological conditions of the site of the "Japanese garden" projected construction in the "Aivazovske" recreational compound of the R&D enterprise Ukrecogeobud.* (2004). Alushta: LLC "South Coast Research Center".
35. Pile foundations: SNiP 2.02.03-85. Retrieved from <http://docs.cntd.ru/document/871001183>
36. Huo, X. & Yu, A. T.W. (2017). Analytical review of green building development studies. *Journal of Green Building*, 12(2), 130-148.

Стаття надійшла до редакції 15.04.2020 року