
СУДОВА

5 **БУДІВЕЛЬНО-ТЕХНІЧНА,
ЗЕМЕЛЬНО-ТЕХНІЧНА ТА
ЕКСПЕРТИЗА З ПИТАНЬ
ЗЕМЛЕУСТРОЮ**

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2021.66.77>
УДК 624.1317: 624.131.3

Роман Миколайович Пасько
завідувач лабораторії
інженерно-технічних видів досліджень

ORCID: 0000-0002-3313-0368
E-mail: roman.pasko@kndise.gov.ua

*Київський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України*

Світлана Анатоліївна Теренчук
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри інформаційних технологій проектування
та прикладної математики

ORCID: 0000-0001-6527-4123
E-mail: terenchuksa@ukr.net

Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВИХ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД, ЯКІ ПОБУДОВАНІ НА ПРОСІДАЮЧИХ ЛЕСОВИХ ҐРУНТАХ

У статті проведено аналіз можливих причин деформацій будівель і споруд, які побудовані на просідаючих лесових ґрунтах. Розглянуто механізм розвитку просідаючих деформацій лесових ґрунтів і проведено аналіз можливих причин зміни їх гідрогеологічного режиму. Систематизовано основні фактори та джерела зміни гідрогеологічного режиму ґрунтів, які з великою ймовірністю можуть спричинити підтоплення та просідання фундаментів об'єктів у процесі їх будівництва та експлуатації.

Ключові слова: будинок; гідрогеологічний режим; деформації; просідаючий лесовий ґрунт; судова будівельно-технічна експертиза.

Постановка проблеми. Стрімке зростання будівельної діяльності в умовах міської забудови та збільшення випадків порушень режимів експлуатації об'єктів нерухомості спричиняють погіршення технічного стану будинків і споруд, що знаходяться поруч. Обсяги будівельної діяльності збільшуються внаслідок фізичного та морального старіння будинків і споруд, підвищення цін і зміни форм власності на нерухомість, необхідності реконструкції промислових підприємств, малоповерхових будівель та активізації нового будівництва в районах старої забудови. В таких умовах надійна оцінка технічного стану будівель і споруд виділяється як важливий напрямок будівельної діяльності.

Будівельна діяльність і різні експлуатаційні фактори можуть спричинити зміну механічних і деформаційних властивостей ґрунтів, що призводить до невідповідності між розрахунковими та фактичними значеннями характеристик ґрунтової основи об'єктів. Проте, саме ці зміни є однією з основних причин руйнації та деформації будівель і споруд, що побудовані на просідаючих лесових ґрунтах, які займають більш, ніж 80 % площі території країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Про вплив будівельної діяльності та різних експлуатаційних факторів на зміну механічних і деформаційних властивостей ґрунтів, і як наслідок руйнації та деформації об'єктів, побудованих на просідаючих лесових ґрунтах, свідчать роботи науковців та експертів, серед яких Є. М. Бабиц, І. П. Бойко, М. Д. Бойко, О. І. Буратевич, Я. Д. Гільман, А. А. Григорян, М. Я. Денисов, В. М. Дорош, В. Д. Лотадзе, В. В. Караван, Р. М. Пасько, В. О. Сахаров та інші.

Аналіз матеріалів наглядових проваджень судових будівельно-технічних експертиз (експертних досліджень) та технічних звітів, в яких вирішувались питання з визначення причин руйнації та деформації різних об'єктів, а також досвіду спеціалізованих організацій з технічного обслуговування будівельних об'єктів, теж надає підстави стверджувати, що однією з основних таких причин виявилось недостатнє вивчення ґрунтової основи [1-4].

Мета дослідження. Метою даної статті є аналіз можливих причин деформацій будівель і споруд, які побудовані на просідаючих лесових ґрунтах.

Викладення основного матеріалу. Проблеми будівництва, забезпечення міцності та надійної експлуатації будівель і споруд, які побудовані чи будуються на просідаючих ґрунтах, виникли наприкінці 20-х років минулого століття. Ці проблеми пов'язані з будівництвом на просідаючих лесових ґрунтах найбільших металургійних, машинобудівних та інших заводів Запоріжжя, Нікополя, Дніпра, Маріуполя, Херсона [1, 4].

Геологічна будова ґрунтів території України (рис. 1) представлена чергуванням делювіальних лесових суглинків і супісків, з потужністю залягання в окремих областях до 30 м, які відносяться до тих, які просідають і не просідають від власної ваги (колишні I і II тип просадності).

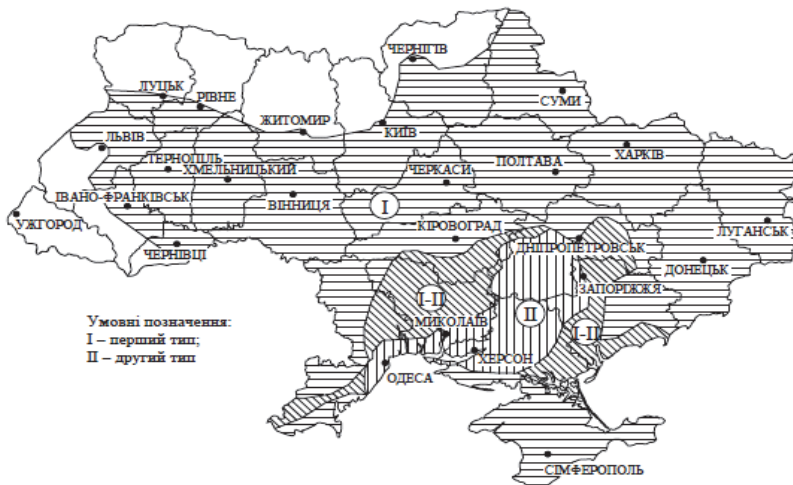


Рис. 1. Карта розміщення лесових ґрунтів в Україні

Відмінною рисою ґрунтів I і II типів просадності та різних їх видозмін є здатність до осідання, просідання, зсувів, провалів, пливунів при водонасиченні та обвалів [1, 4-7].

Провал – вертикальне опускання поверхні якої-небудь частини території, що виникає внаслідок утворення порожнеч при розчиненні ґрунтів підземними водами.

Зсув – повільне переміщення (ковзання) земляних мас під впливом сили ваги в зв'язку зі зміною фізичних властивостей ґрунтів за участю поверхневих і підземних вод, а також атмосферних опадів.

Осідання – вертикальний зсув (опускання) поверхні якої-небудь частини території, що виникає в результаті ущільнення ґрунтів при їх навантаженні.

Пливун – водонасиченні мало зв'язані нещільні породи, насичені водою з високим вмістом колоїдних частинок, які при розкриванні виявляють здатність до розпливання і переміщення.

Будь-який із зазначених факторів може бути причиною погіршення технічного стану будівель та споруд, які побудовані на просідаючих лесових ґрунтах. Саме тому важливим питанням є інженерні вишукування, а також експертиза проектної документації в частині визначення якості проектних рішень на міцність, надійність та довговічність.

В подальшому, при будівництві та експлуатації будівель і споруд на просідаючих лесових ґрунтах, в ґрунтах продовжується розвиток складних фізико-хімічних процесів, що зумовлені [4, 8-11]:

- значною товщиною шару просідаючих ґрунтів;
- заляганням під шаром просідаючих ґрунтів водонасичених лесових ґрунтів, які характеризуються підвищеною стискальністю;
- специфічним і складним механізмом розвитку просідаючих деформацій.

Механізм розвитку просідаючих деформацій лесових ґрунтів обумовлений особливостями процесів їх формування та існування, в результаті яких ці ґрунти тривалий час перебувають в недоуцільному стані.

Недоуцільний стан лесового ґрунту може зберігатися протягом усього періоду існування товщ, якщо не відбудеться підвищення вологості та навантаження [4, 10-12].

При зростанні вологості ґрунтів зменшується їх об'ємна маса, а консистенція з напівтвердої стає тугопластичною. Ці трансформації можуть бути причиною переходу ґрунтової основи будівель і споруд, побудованих на таких ґрунтах, до граничного стану [4, 10, 11].

Таким чином, необхідною умовою для прояву зниження несучої здатності лесового ґрунту є співвідношення [13]:

- наявності навантаження від власної ваги ґрунту чи фактору здатності переборювати сили зв'язності ґрунту при зволоженні;
- зволоження, при якому в значній мірі знижується міцність ґрунту.

Міра уцілення лесового ґрунту, що перебуває в недоуцільному стані, в кожному окремому випадку визначається співвідношенням зниження його міцності при зволоженні та величиною діючого навантаження [4].

Це означає, що міра впливу факторів, які можуть призвести до різкого зниження несучої здатності ґрунтів внаслідок збільшення зовнішнього навантаження чи власної ваги товщ просідаючих ґрунтів при умові підвищення вологості лесових ґрунтів, в кожному окремому випадку може бути різною. Таким чином, до основних прихованих причин погіршення технічного стану об'єктів, побудованих на просідаючих лесових ґрунтах, належить зміна гідрогеологічного режиму ґрунтів після завершення будівництва. Зазначена зміна може призвести до невідповідності фактичних значень характеристик ґрунтової основи тим розрахунковим значенням, що використовувались при проектуванні та будівництві (рис. 2).

При цьому може [4-6, 10]:

- зрости вологість ґрунту;
- зменшитись його об'ємна маса;
- консистенція з напівтвердої стати тугопластичною;
- знизитись міцнісні характеристики;

– збільшитись стискальність.

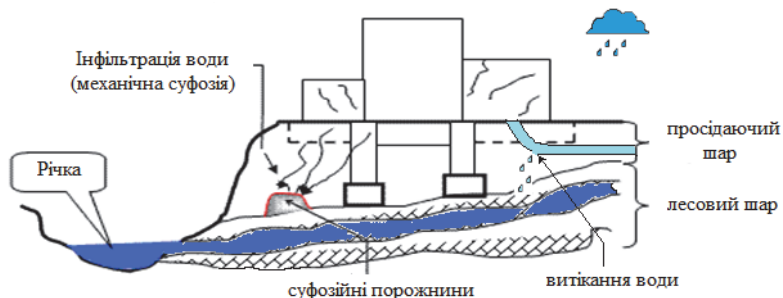


Рис. 2. Можливі причини зміни гідрогеологічного режиму ґрунтів в період експлуатації будинку

До зміни гідрогеологічного режиму просідаючих лесових ґрунтів з великою ймовірністю призводять такі події, як:

- підняття рівня підземних вод;
- порушення природного режиму водоносного горизонту;
- активність гідрогеологічних процесів;
- розвиток фільтраційних деформацій ґрунту.

Причиною появи зазначених подій можуть бути такі експлуатаційні фактори, як [1, 4, 13]:

- відсутність зливової каналізації;
- порушення інфільтрації та неупорядкований стік зливових, дощових і талих вод, що спричиняє ерозійний розмив ґрунту;
- утворення пазух замочування ґрунтів на схилах і ерозія ґрунтів при неупорядкованому стоці та скиданні води;
- скупчення води в місцях зниження рельєфу через неякісно виконане планування перед будівлями і спорудами;
- витікання води з водопровідних, каналізаційних, теплофікаційних магістралей і зливових комунікацій, що тягне за собою загальний підйом рівня підземних вод і водонасичення ґрунту;
- підвищення рівня ґрунтових вод і збільшення вологості порід зони аерації.

Іншою суттєвою причиною розвитку нерівномірного осідання будівлі чи споруди в період їх експлуатації є зміна механічних і деформаційних властивостей ґрунтової основи, що відбувається внаслідок використання різної будівельної техніки при виконанні поряд земельних робіт з розробки котлованів і траншей (рис. 3).

Ослаблення ґрунтової основи при виконанні земельних робіт можуть також ускладнюватися [4-8]:

- метеорологічними факторами, що характеризуються підвищеною атмосферною вологою (рис. 4), яка викликає зміну деформаційних властивостей (S) ґрунтової основи;

– факторами, що характеризуються підвищеною ґрунтовою вологою (рис. 4), яка викликає зміну деформаційних властивостей (S) ґрунтової основи;



Рис. 3. Зміни властивостей ґрунту при використанні будівельної техніки

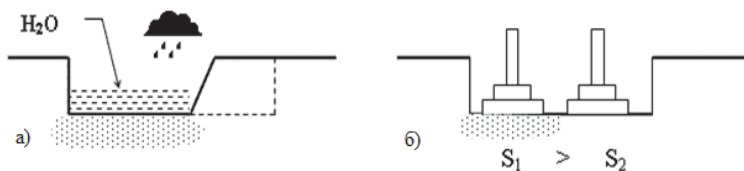


Рис. 4. Зміна деформаційних властивостей (а) і нерівномірне осідання ґрунтової основи (б) внаслідок нерівномірного зволоження атмосферними опадами

– гідростатичними впливами, механічною та хімічною суфозією (рис. 5);
 – промерзанням та водонасиченням ґрунтової основи після розмерзання, що може призвести до випирання ґрунту з-під подошви фундаментів, деформацій фундаментів і втрати стійкості основи будинку чи споруди (рис. 6);
 – грубими помилками будівельників (рис. 7).



Рис. 5. Зміни структури котловану при виконанні земельних робіт внаслідок гідростатичного впливу (а) та механічної суфозії (б)



Рис. 6. Зміни властивостей ґрунтової основи внаслідок морозного пучення

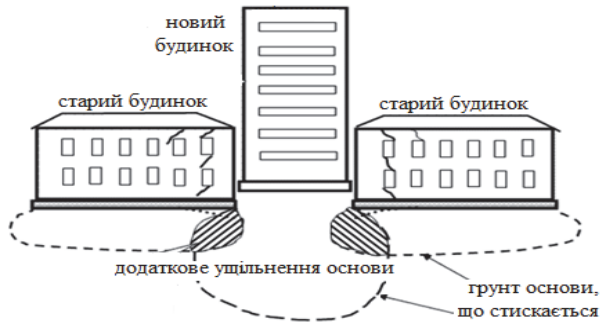


Рис. 7. Додаткове нерівномірне ущільнення ґрунтів внаслідок взаємовпливів фундаментів сусідніх будинків

До нерівномірного осідання будівлі чи споруди може призвести тривала їх експлуатації в несприятливих умовах, ущільнення або місцеві зсуви ґрунтів внаслідок [4, 8]:

- поступового збільшення корисного навантаження;
- перевищення проєктного навантаження;
- процесу фільтраційної консолідації (рис. 8);
- нерівномірного ущільнення неоднорідних пластів основи ґрунту під будинком (рис. 9);
- допущення помилок при вишукуванні, проєктуванні, будівництві та експлуатації нового будинку в умовах ущільненої забудови (рис. 7, 10).

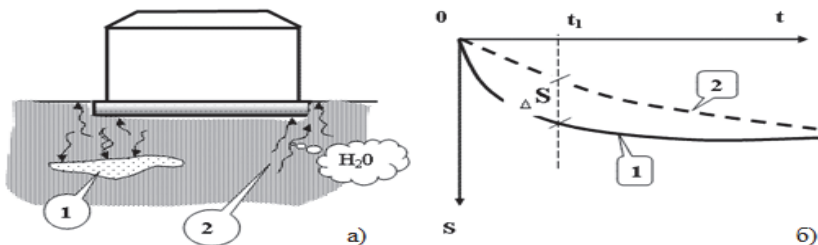


Рис. 8. Схема нерівномірної консолідації ґрунтової основи будинку: а – фільтраційна консолідації; б – згасання осідання (ΔS) у часі (t) при можливості фільтрації в обох (1) та одному (2) напрямках

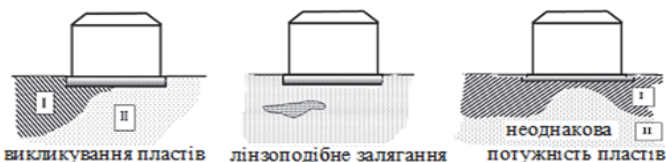


Рис. 9. Приклади напластування ґрунтів різної потужності під будинком

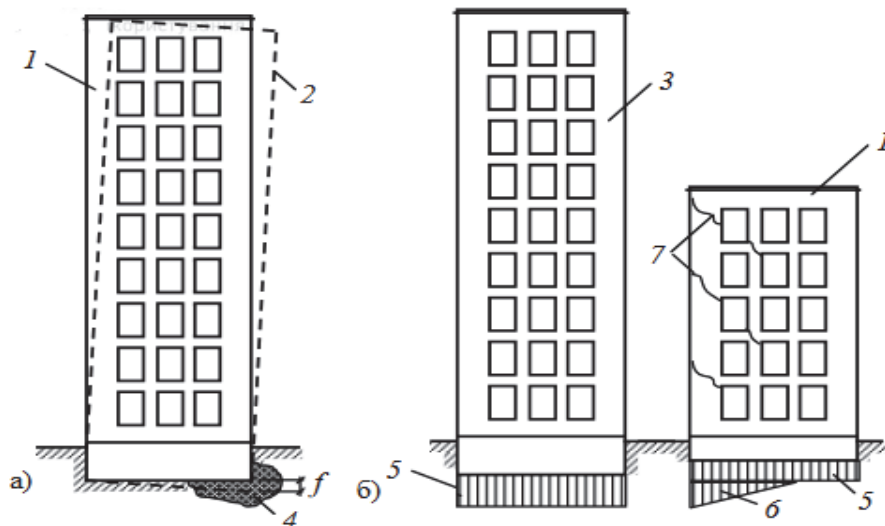


Рис. 10. Деформація будинку у вигляді крену (а) та зміна тиску ґрунтової основи в існуючих будинках при зведенні поряд нових (б): 1 – існуючі будинки в проектному стані; 2 – стан будинку внаслідок крену; 3 – новий будинок; 4 – послаблений ґрунт; 5 – тиск ґрунту в проектному стані; 6 – додатковий тиск в основі існуючого будинку; 7 – характер розташування тріщин в стінах існуючого будинку

Внаслідок напластування ґрунтів різної потужності в побудованих на них об'єктах можуть розвиватись деформації різноманітного характеру. Характер деформацій тріщин залежить від співвідношення потужностей пластів (m_v) розмірів масиву зміненого ґрунту та типу жорсткості об'єктів.

Якщо сучасне будівництво житлових і громадських будівель відбувається на вільних ділянках забудованих територій поряд з існуючими будинками з невеликою кількістю поверхів (рис. 7, 10), то в цьому випадку тиск у ґрунті, який виникає від нових будинків, додається до тиску під фундаментами існуючих будинків, що призводить до розвитку місцевих зсувів ґрунту і, як наслідок, до кренів або руйнувань існуючих будинків.

Деформації у вигляді крену можуть виникати в абсолютно жорстких будинках та спорудах при нерівномірному послабленні ґрунту (рис. 10).

В абсолютно гнучких спорудах, таких як галереї, естакади та акведуки, фундаменти адаптуються до деформацій основи, при цьому розвиток нерівномірних осідань практично не впливає на появу додаткових зусиль у конструкціях споруди.

Характерні види деформацій і тріщин в будинках скінченої жорсткості залежно від розташування областей локальних змін фізико-механічних характеристик замоченого ґрунту показані на рис. 11 – 17 [4, 14].

Прогин (викривлення будинку опуклістю вниз) виникає за умови $m_{VI} < m_{VII}$ та супроводжується вертикальними тріщинами зі збільшеним розкриттям у розтягнутій зоні нижньої частини будинку. Іншими характерними ознаками

прогину будинку також можуть бути похилі тріщини між віконними прорізами та тріщини у верхній зоні будинку, що утворюються внаслідок появи зсувних напружень. Область замочування при прогині, зазвичай, знаходиться над найбільшими деформаціями (рис. 11).

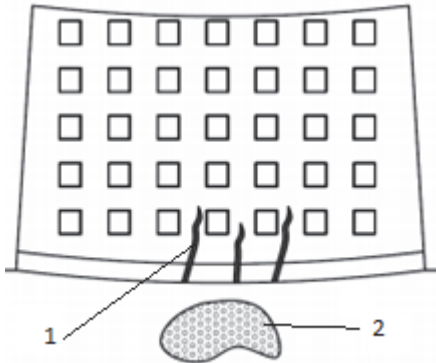


Рис. 11. Деформації прогину:
1 – можливе розташування тріщин; 2 – масив зміненого ґрунту

Вигин (викривлення будинку опуклістю вгору) виникає за умови $m_{VI} > m_{VII}$ і супроводжується вертикальними тріщинами з найбільшим розкриттям у верхній частині будинку. При вигині джерело замочування найчастіше знаходиться під одним із країв об'єкта експертизи (рис. 12).

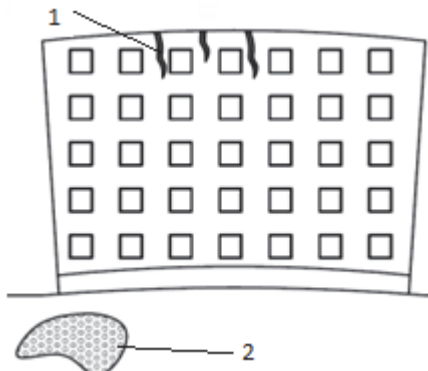


Рис. 12. Деформації вигину:
1 – можливе розташування тріщин; 2 – масив зміненого ґрунту

Деформації зсуву (перекося) виникають в будинках і спорудах в наслідок суттєвого нерівномірного осідання окремих ділянок невеликої протяжності

при збереженні проектного положення основної частини об'єкта. Джерело замочування при зсувах зазвичай знаходиться під верхніми ділянками похилих тріщин (рис. 13).

Перекуси можуть супроводжуватись похилими тріщинами в стінах між віконними прорізами (рис. 13) і суцільними вертикальними тріщинами в перемичках у верхній частині будинку. За таких деформацій будинок може перейти в аварійний технічний стан.

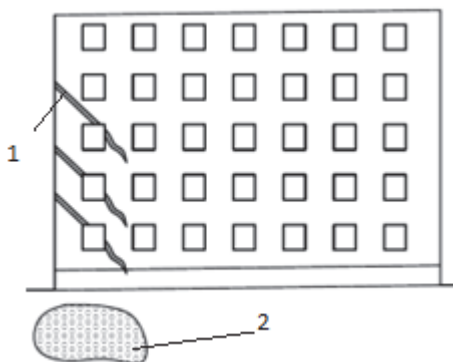


Рис. 13. Деформації зсуву:
1 – можливе розташування тріщин; 2 – масив зміненого ґрунту

Вертикальні розриви стін характеризуються тріщинами на всю висоту будинку, включаючи фундамент, і можуть свідчити про горизонтальні деформації ґрунту, що супроводжують його вертикальні просідання. При таких деформаціях втрата несучої здатності простінків може привести до втрати просторової жорсткості об'єкта внаслідок відриву подовжніх стін від поперечних (рис. 14).

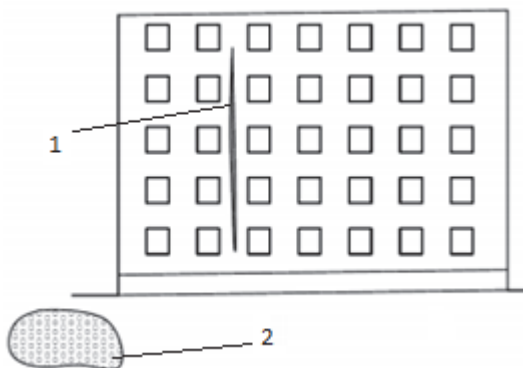


Рис. 14. Вертикальний розрив стіни:
1 – вертикальний розрив; 2 – масив зміненого ґрунту

Горизонтальні розриви стін найчастіше спостерігаються якщо не була належним чином виконана підготовка основи при будівництві і просідаючі деформації ґрунту протікають безпосередньо під фундаментом. Такі розриви характеризуються появою горизонтальних та/або злегка похилих тріщин. Область замочування при горизонтальних розривах, як правило, розташована під центром місця розташування тріщин (рис. 15).

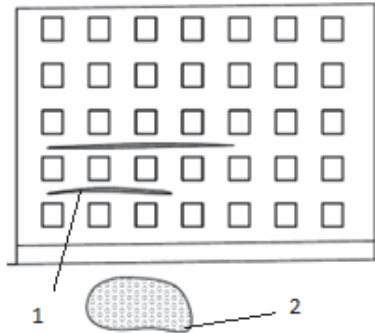


Рис. 15. Горизонтальний розрив стіни:
1 – горизонтальний розрив; 2 – масив зміненого ґрунту

Замикання деформаційних швів проявляється у вигляді змінання ділянок стін, що примикають до шва, балконів, карнизів і зміщення плит перекриттів (рис. 16).

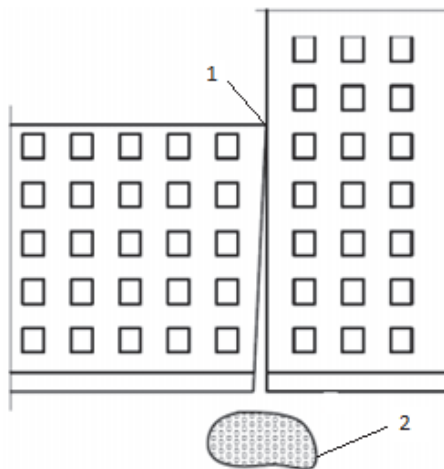


Рис. 16. Замикання деформаційних швів
1 – змінання ділянок стін; 2 – масив зміненого ґрунту

Деформації замикання деформаційних швів можливі внаслідок просідання будинків в процесі будівництва якщо поряд з раніше побудованим об'єктом здійснюється нове будівництво об'єкта підвищеної поверховості, який має більшу вагу. Місцеве стискування зазвичай виникає у верхній частині будинку.

Найчастішою причиною деформацій блочних будинків є замочування основи з мереж каналізації. Серед інших причини деформації зазначеного типу, згідно зі статистичними даними є: замочування основи з мереж водопроводу чи теплотраси, замочування основи атмосферними водами та замочування основи в результаті неправильного блокування відсіків будинку.

Характер деформацій і розвитку тріщин в стінах будинку залежить також від розмірів масиву зміненого ґрунту (рис. 17).

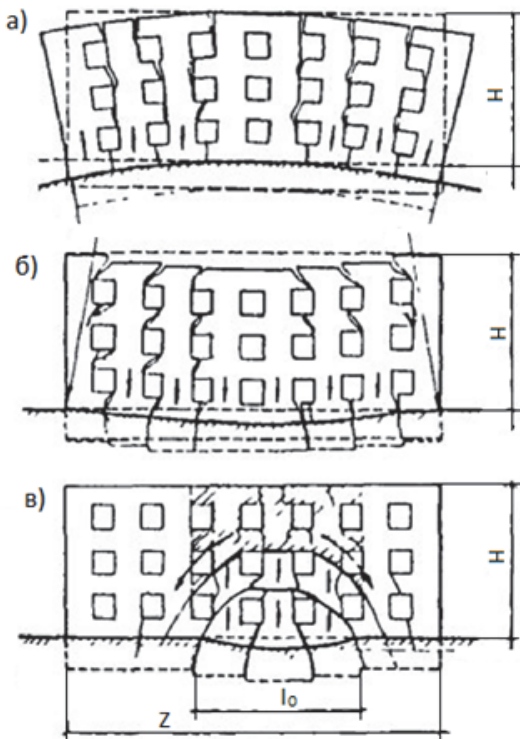


Рис. 17. Деформації та розвиток тріщин в стінах будинку при:
 а – просіданні ґрунту на довжині будинку (Z) випуклістю вверх;
 б – просіданні ґрунту на довжині будинку (Z) випуклістю вниз;
 в – при місцевому просіданні ґрунту ($l_0 < H < Z$)

Досліджено та систематизовано основні фактори та джерела зміни гідрогеологічного режиму ґрунтів, які з великою ймовірністю можуть спричинити до деформації будівельних об'єктів в процесі їх експлуатації.

Перелік посилань

1. Методичні рекомендації проведення судових будівельно-технічних експертиз з визначення причини руйнації будинків та споруд, зведених на просадочних ґрунтах: звіт про НДР / ДніпроНДІСЕ; викон.: В. Дорош, В. Волошин, Є. Пантелеєв А. Кияниця, Т. Божко, Т. Ісмагулова, Л. Деменко. Дніпропетровськ, 2002. 45 с.
2. Методичні рекомендації з визначення фізичного зносу нежитлових будівель: звіт про НДР / КНДІСЕ; викон.: О. Буратевич, Н. Сенік, В. Харченко, О. Чайка, Р. Пасько, Д. Псярнецький, О. Сверида, В. Буднік, Н. Арабулі, О. Лисак, І. Чалюк. Київ, 2015. 177 с.
3. Бойко М. Д., Мураховский А. И., Величкин В. З. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений: справоч. пособ. Москва, 1993. 2008 с.
4. Пасько Р. М., Теренчук С. А., Агхеззаф А. Аналіз причин погіршення технічного стану об'єктів, побудованих на просідаючих лесових ґрунтах. *Управління розвитком складних систем*. 2020. Вип. 43. С. 116-122. URL: [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.116-122](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.116-122).
5. ДБН В.1.1-45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_1_1_45/1-1-0-1778
6. ДБН В.1.1-46:2017. Державні будівельні норми України. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_1_1_46/1-1-0-1779
7. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація.

References

1. Dorosh, V., Voloshyn, V., Panteleiev, A., Kyianytsa, A., Bozhko, T., Ismahulova, T., Demenko, L. (2002). Methodical recommendations for conducting forensic construction and technical examinations to determine the cause of destruction of buildings and structures erected on subsidence soils: Report on research work. Dnipropetrovsk. 45 p. (in Ukrainian).
2. Buratevych, O., Senyk, N., Kharchenko, V., Chaika, O., Pasko, R., Psiarnetskyi, D., Sveryda, O., Budnik, V., Arabuli, N., Lysak, O., Chaliuk, I. (2015). Methodical recommendations for determining the physical wear of non-residential buildings: Report on research work. Kyiv. 177 p. (in Ukrainian).
3. Boiko, M. D., Murakhovskii, A. I., Velichkin, V. Z. (1993). Maintenance and repair of buildings and structures: a reference guide. Moscow. 2008 p. (in Russian).
4. Pasko, R., Terenchuk, S., Aghezaf, A. (2020). Analysis of Deterioration Causes to the Technical Condition of Buildings Constructed on Subsidence Loess Soils. *Management of Development of Complex Systems*. Issue 43, 116-122. Retrieved from: [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.116-122](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.116-122). (in Ukrainian).
5. DBN B.1.1-45:2017. Buildings and structures in complex engineering and geological conditions. General provisions. Retrieved from: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_1_1_45/1-1-0-1778 (in Ukrainian).
3. DBN B.1.1-46:2017. State building codes of Ukraine. Engineering protection of territories, buildings and structures from landslides and landslides. Substantive provisions. Retrieved from: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_1_1_46/1-1-0-1779 (in Ukrainian).
4. DSTU B B.2.1-2-96. Foundations and foundations of buildings and structures. Soils.

- URL: http://geo-ingeo.narod.ru/olderfiles/1/DSTU_B_V.2.1-2-96_Grunty_Klassifikaciya.pdf
8. Пасько Р. М., Теренчук С. А. Дослідження ознак погіршення технічного стану об'єктів, побудованих на просідаючих лесових ґрунтах. *Актуальні питання судової експертології, криміналістики та кримінального процесу*: матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 19 листопада 2020 р.). Київ, 2020. С. 423-427.
9. Денисов Н. Я. Строительные свойства леса и лесовидных суглинков. Москва, 1953. 155 с.
10. Гильман Я. Д., Ананьев В. П. Строительные свойства лесовых грунтов и проектирование оснований и фундаментов Ростов на Дону, 1971. 132 с.
11. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика: учебник для вузов. Ленинград, 1977. 479 с.
12. Григорян А. А., Иванов Ю. К. Прогноз просадки грунтовой толщи при замачивании через небольшой в плане глубокий источник. *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 1968. № 6. С. 31-34.
13. Денисов Н. Я. О природе просадочных явлений в лёссовидных суглинках. Москва, 1946. 176 с.
14. Бабич Є. М., Караван В. В., Бабич В. Є. Діагностика, паспортизація та відновлення будівель і інженерних споруд: підруч. Рівне, 2018. 176 с.
15. Бойко І. П., Сахаров В. О., Сахаров С. О. Дослідження динамічних властивостей конструкцій системи «основа – фундамент – надземні конструкції». *Основи і фундаменти: міжвідом. наук.-техн. зб.* Київ, 2006. Вип. 30.
- Classification. Retrieved from: http://geo-ingeo.narod.ru/olderfiles/1/DSTU_B_V.2.1-2-96_Grunty_Klassifikacciya.pdf (in Ukrainian).
5. Pasko, R., Terenchuk, S. (2020). Research of signs of deterioration of technical condition of objects built on subsidence of forest soils. *Topical issues of forensic examination, criminology and criminal process: proceedings of the II international scientific and practical conference* (Kyiv, November 19). Kyiv. P. 423-427. (in Ukrainian).
6. Denisov, N. Ya. (1953). Construction properties of the loess and loess-like loams. Moscow. 155 p. (in Russian).
7. Gilman, Ya. D., Ananьев, V. P. (1971). Construction proper ties of loessial soil and design of the bases and foundations. Rostov on Don. 132 p. (in Russian).
8. Lomtadze, V. D. (1977). Engineering geology. Engineering geodynamics: textbook for universities. Leningrad. 479 p. (in Russian).
9. Grigorian, A. A., Ivanov, Yu. K. (1968). Prediction of subsidence of soil strata when soaking through a small in plan deep source. *Basis, foundations and soil mechanics*. No. 6. P. 31-34. (in Russian).
10. Denisov, N. Ya. (1946). On the nature of subsidence phenomena in loesslike loams. Moscow. 176 p. (in Russian).
11. Babych, Ye. M., Karavan, V. V., Babych, V. Ye. (2018). Diagnostics, certification and restoration of buildings and engineering structures: textbook. Rivne. 176 p. (in Ukrainian).
12. Boiko, I. P., Sakharov, V. O., Sakharov, C. O. (2006). Research of dynamic properties of structures of the system “basic –foundation – aboveground structures”. *Fundamentals and foundations: interdepartmental scientific and technical collection*. Kyiv. 30. (in Ukrainian).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, КОТОРЫЕ ПОСТРОЕНЫ НА ПРОСАДОЧНЫХ ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ

Р. Н. Пасько
С. А. Теренчук

В данной статье авторами проведен анализ возможных причин деформаций зданий и сооружений, что построены на просадочных лессовых грунтах. В основу исследований положен системный анализ экспертной практики выявления причин ухудшения технического состояния объектов, строящихся и эксплуатируемых на таких почвах. Рассмотрены механизмы развития просадочных деформаций лессовых грунтов и проведен анализ причин изменения их гидрогеологического режима. Систематизированы основные факторы и источники, которые с большой вероятностью могут приводить к изменениям гидрогеологических режимов почв в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений, эксплуатируемых на просадочных лессовых грунтах. Особое внимание уделяется исследованию причин изменений гидрогеологического режима почв, какие приводят к несоответствию расчетных характеристик грунтовым основаниям, что использовались при строительстве объекта, их фактическим значением. Показано, что это несоответствие является одной из основных скрытых причин подтопления зданий и сооружений, которая может привести к неравномерному проседанию. Систематизировано взаимосвязь между появлением или развитием поврежденных конструкции здания и вероятными причинами ухудшения его технического состояния.

Ключевые слова: гидрогеологический режим; деформации; здание; просадочный лессовый грунт; судебная строительно-техническая экспертиза.

RESEARCH OF POSSIBLE CAUSES OF DEFORMATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES BUILT ON SUBSIDENCE LOESS SOILS

R. Pasko
S. Terenchuk

In this article, the authors analyzed the possible causes of deformation of buildings and structures that are built on subsiding loess soils. The research is based on a systematic analysis of the expert practice of identifying the reasons for the deterioration of the technical condition of objects built and operated on such soils. The mechanisms of the development of subsidence deformations of loess soils are considered and the reasons for the change in their hydrogeological regime are analyzed. The main factors and sources are systematized, which with a high probability can lead to changes in the hydrogeological regimes of soils during the construction and operation of buildings and structures operated on subsiding loess soils. Particular attention is paid to the study of the reasons for changes in the hydrogeological regime of soils, which lead to a discrepancy between the calculated characteristics of the soil foundations that were used in the construction of the facility, their actual value. It is shown that this discrepancy is one of the main hidden causes of flooding of buildings and structures, which can lead to uneven subsidence. The relationship

between the appearance or development of damage to the building structure and the probable reasons for the deterioration of its technical condition is systematized.

Keywords: building; deformation; hydrogeological regime; forensic building and technical examination; subsidence loess soil.

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2021.66.78>

УДК 343.98, 72.01

Олексій Вікторович Командиров
завідувач відділу досліджень проектної документації
та вартості будівельних робіт

ORCID 0000-0002-3655-780x

E-mail: oleksii.komandyrov@kndise.gov.ua

*Київський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України*

Олексій Вікторович Левченко
кандидат архітектури, доцент
кафедра інформаційних технологій в архітектурі

ORCID 0000-0002-5254-2114

ResearcherID: AAH-4990-2020/

E-mail: levchenko.ov@knuba.edu.ua

Раддаміла Олександрівна Косаревська
кандидат архітектури, доцент,
кафедра дизайну

ORCID 0000-0003-1076-0364

ResearcherID: AAT-7391-2020/

E-mail: kosarevska.ro@knuba.edu.ua

Київський національний університет будівництва і архітектури

**НВІМ ЯК ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ ОБЛІКОВОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТА
ЕКСПЕРТНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ**

Урядове затвердження (17.02.2021) концепції впровадження BIM-технологій у будівництві України надає широкі можливості розробляти та запроваджувати BIM у якості інструментарію для створення облікової документації та ведення державного реєстру пам'яток культурної спадщини України, зокрема пам'яток архітектури.