

Пасько Роман Миколайович

Завідувач лабораторії інженерно-технічних видів досліджень, orcid.org/0000-0002-3313-0368

Київський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України, Київ

Теренчук Світлана Анатоліївна

Кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектуванні та прикладної математики, orcid.org/0000-0001-6527-4123

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Агхезаф Амін

Магістр кафедри металевих і дерев'яних конструкцій, orcid.org/0000-0003-2872-939X

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОГІРШЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ,
ПОБУДОВАНИХ НА ПРОСІДАЮЧИХ ЛЕСОВИХ ҐРУНТАХ**

***Анотація.** Метою роботи є аналіз причин погіршення технічного стану об'єктів будівництва, що побудовані на просідаючих лесових ґрунтах. В основу досліджень покладено системний аналіз експертної практики виявлення причин погіршення технічного стану об'єктів, що будуються та експлуатуються на таких ґрунтах. Розглянуто механізм розвитку просідаючих деформацій лесових ґрунтів і проведено аналіз причин зміни гідрогеологічного режиму ґрунтів України. Систематизовані фактори середовища, які з великою ймовірністю можуть призводити до змін гідрогеологічних режимів ґрунтів у процесі будівництва і експлуатації будинків і споруд, що експлуатуються на просідаючих лесових ґрунтах. Особлива увага приділяється дослідженню причин змін гідрогеологічного режиму ґрунтів, які призводять до невідповідності розрахункових характеристик ґрунтів основи, що використовувались при будівництві об'єкта, їх фактичним значенням. Показано, що ця невідповідність є однією з основних прихованих причин підтоплення будинків і споруд, яка може призвести до їх нерівномірного просідання. Систематизовано взаємозв'язок між появою чи розвитком пошкоджень конструкції будинку та ймовірними причинами погіршення його технічного стану. Результати роботи планується використати при наповненні нечіткої бази знань інтелектуальної системи підтримки судової будівельно-технічної експертизи апріорними правилами.*

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

Вступ

Аналіз матеріалів цивільних, господарських, адміністративних справ і кримінальних проваджень з визначенням причин руйнації та деформації будинків і споруд, а також досвіду будівельних організацій і служб нагляду за експлуатацією різних об'єктів, побудованих на різних ґрунтах, показав, що однією з нагальних проблем сучасної будівельної галузі є погіршення технічного стану об'єктів, що побудовані на просідаючих ґрунтах [1; 2].

Проблеми будівництва і забезпечення міцності та надійної експлуатації будинків і споруд, які побудовані чи будуються на просідаючих лесових ґрунтах, виникли наприкінці 20-х рр. минулого століття. Ці проблеми пов'язані з будівництвом найбільших машинобудівних, металургійних та інших заводів Дніпра, Запоріжжя, Маріуполя, Нікополя, Херсона.

Аналіз матеріалів судових будівельно-технічних експертиз та експертних досліджень показав, що основною причиною деформації об'єктів експертизи виявилось недостатнє дослідження ґрунтів основи [1]. Проте ця проблема має значно ширшу географію, оскільки близько 15% площі території СНД і понад 80 % площі території України та займають просідаючі лесові ґрунти (рис. 1).

Геологічна будова ґрунтів території України представлена чергуванням лесових суглинків і супісєй, які належать до I і II типів просадності. Відмінною рисою таких ґрунтів є здатність до осідання, зсувів, обвалів, провалів, просадки та пливунів при водонасиченні [3; 4].

Мета статті

Метою роботи є системний аналіз причин погіршення технічного стану будинків і споруд, що побудовані на просідаючих лесових ґрунтах.

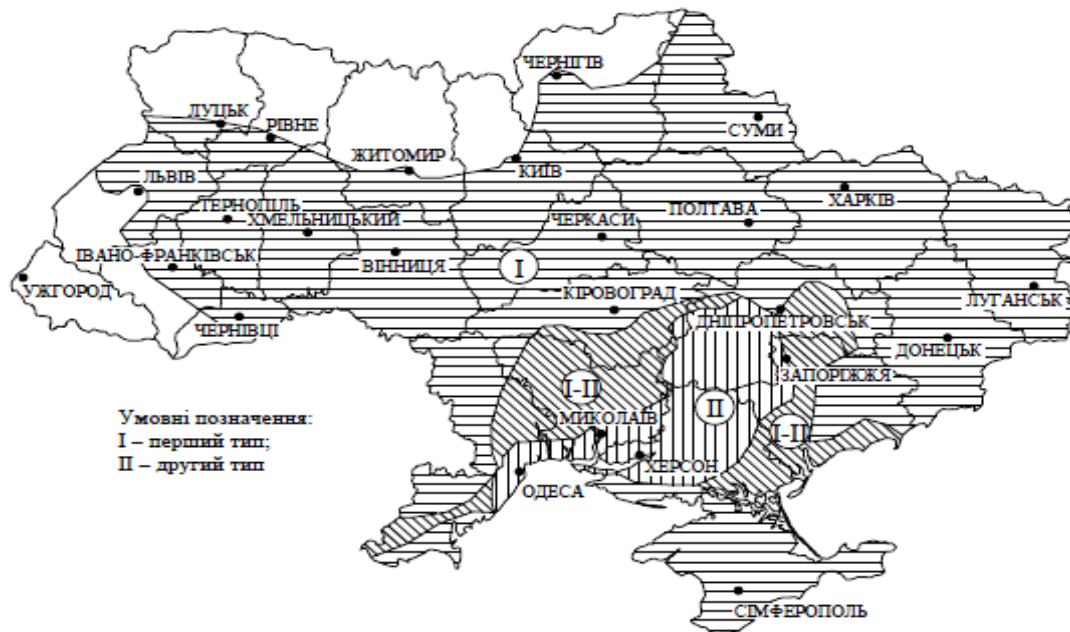


Рисунок 1 – Мапа розміщення лесових ґрунтів в Україні [2]:

I тип – просідання від власної ваги відсутнє або не перевищує 5 см; II тип – просідання від власної ваги перевищує 5 см

Аналіз останніх досліджень і публікацій

При будівництві та експлуатації будинків (споруд) на просідаючих лесових ґрунтах в них спостерігаються складні фізико-хімічні процеси, що зумовлені [5; 6]:

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

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

Недоушільнений стан лесового ґрунту може зберігатися протягом усього періоду існування товщ, якщо не відбудеться підвищення вологості та навантаження [7; 8].

При зростанні вологості лесових ґрунтів їх об'ємна маса зменшується, а консистенція з напівтвердої стає тугопластичною. Зазначена трансформація може стати причиною переходу ґрунту основи будинку (споруди) до граничного стану. При цьому міра ущільнення лесового ґрунту, що перебуває в недоушільненому стані, в кожному окремому випадку визначається співвідношенням зниження його міцності при зволоженні та величиною діючого навантаження.

Це означає, що міра впливу обох факторів, які можуть призвести до різкого зниження несучої здатності ґрунтів, в кожному окремому випадку може бути різною. Внаслідок чого процес зміни гідрогеологічного режиму ґрунтів характеризується нечіткою невизначеністю [7; 9].

Отже, згідно зі звітами інженерно-геологічних вишукувань і досліджень матеріалів цивільних, господарських та адміністративних справ і кримінальних проваджень з визначенням причин руйнації будівель та споруд, однією з основних прихованих причин погіршення технічного стану будинків і споруд є невідповідність розрахункових характеристик ґрунтів їх фактичним значенням. Така невідповідність може виникати внаслідок зміни гідрогеологічного режиму ґрунтів, на яких ці об'єкти побудовані [10].

Виклад основного матеріалу

Загальні пошкодження будинків і споруд у процесі їх експлуатації можуть бути наслідком локальних чи тотальних змін гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов на будівельному майданчику [10; 11].

Також на загальний стан будинків і споруд впливають:

- пожежі;
- динамічні складові навантажень;
- нові будинки, що побудовані на забудованій території поряд з існуючими;
- недоліки в проектуванні та будівництві;
- інші технологічні чинники.

Зазначені фактори можуть суттєво впливати на напружено-деформований стан основ, що тягне за собою виникнення додаткових нерівномірних деформацій як основ, так і фундаментів.

Нерівномірні осідання фундаментів своєю чергою спричиняють додаткові деформації об'єктів в цілому. При цьому в окремих конструктивних елементах будинків і споруд суттєво знижуються показники експлуатаційної придатності.

Зміна гідрогеологічного режиму ґрунтів в процесі експлуатації будинків і споруд призводить до невідповідності розрахункових характеристик ґрунтів основи, що використовувались при будівництві об'єкта, їх фактичним значенням, а саме:

- зростає вологість;
- зменшується об'ємна маса;
- консистенція з напівтвердої стає тугопластичною;
- знижуються міцнісні характеристики;
- збільшується стискальність.

До таких змін з великою ймовірністю призводять підтоплення внаслідок (рис. 2):

- підняття рівня підземних вод;
- порушення природного режиму водоносного горизонту;
- активність гідрогеологічних процесів.

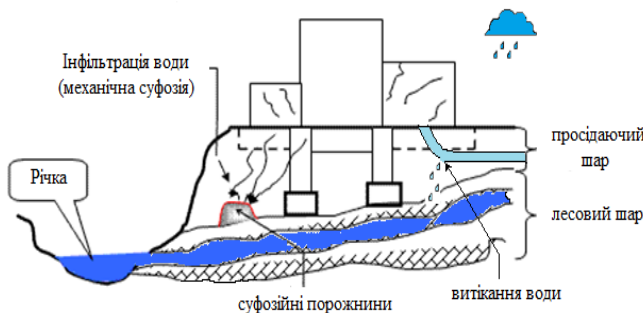


Рисунок 2 – Можливі причини зміни гідрогеологічного режиму ґрунтів

Необхідною умовою для прояву зниження несучої здатності лесового ґрунту є співвідношення [11; 12]:

- наявності навантаження від власної ваги ґрунту чи фактора здатності переборювати сили зв'язності ґрунту при зволоженні;
- зволоження, при якому значною мірою знижується міцність ґрунту.

Зазначені зміни гідрогеологічного режиму просідаючих лесових ґрунтів можуть спричинитись такими експлуатаційними факторами, як (рис. 2):

- витікання води зі зливових, водопровідних, каналізаційних, теплофікаційних комунікацій, що тягне за собою загальний підйом рівня підземних вод і водонасичення ґрунту;

– неупорядкований стік зливових і талих вод, відсутність зливової каналізації, що спричиняють ерозійний розмив ґрунту;

– утворення пазух замочування ґрунтів на схилах і ерозія ґрунтів при неупорядкованому стоці і скиданні води;

– скупчені води в місцях зниження рельєфу через неякісно виконане планування перед будівлями і спорудами.

Іншою суттєвою причиною нерівномірного осідання будинку (споруди) в період експлуатації є зміна механічних і деформаційних властивостей ґрунтів основи, що відбувається внаслідок використання різної будівельної техніки при виконанні земельних робіт з розробки котлованів.

Ослаблення ґрунтів основи при розробці котлованів та улаштуванні фундаментів можуть ускладнюватись грубими помилками будівельників і гідростатичними впливами, механічною суфозією, метеорологічними факторами (рис. 3).

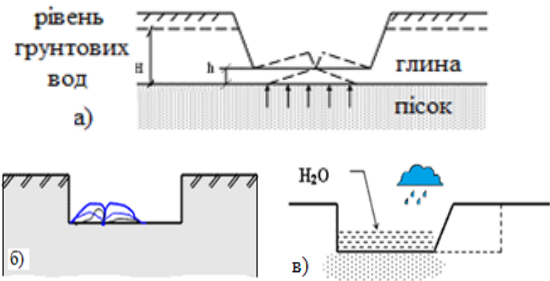


Рисунок 3 – Причини зміни механічних та деформаційних властивостей дна котловану при виконанні земельних робіт внаслідок: а – гідростатичного впливу; б – механічної суфозії; в – нерівномірного осідання ґрунту основи при нерівномірному зволоженні атмосферними опадами

Зміна структури дна котловану може призвести до випирання ґрунту з-під підшви фундаментів і втрати стійкості основи будинку (рис. 4).

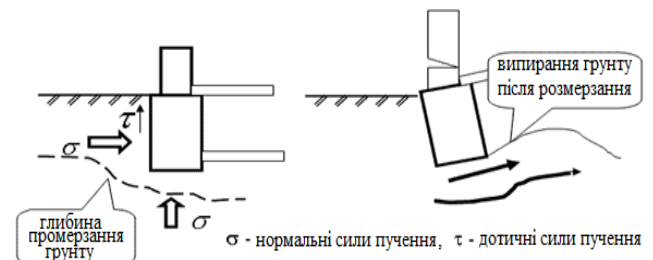


Рисунок 4 – Зміна деформаційних властивостей ґрунту основи будинку внаслідок промерзання та водонасичення після розмерзання

До нерівномірного осідання будинку (споруди) в період експлуатації також може призвести ущільнення ґрунтів (просідання) внаслідок:

- процесу фільтраційної консолідації (рис. 5, а);

- нерівномірного ущільнення неоднорідних пластів основи ґрунту під будинком (рис. 5, б-г та рис. 6);
- допущення помилок при вишукуванні, проєктуванні, будівництві та експлуатації нового будинку в умовах ущільненої забудови (рис. 7);
- поступового збільшення корисного навантаження до проєктного;
- перевищення проєктного навантаження;
- фізичний знос кладки фундаментів при тривалому періоді експлуатації в несприятливих умовах.

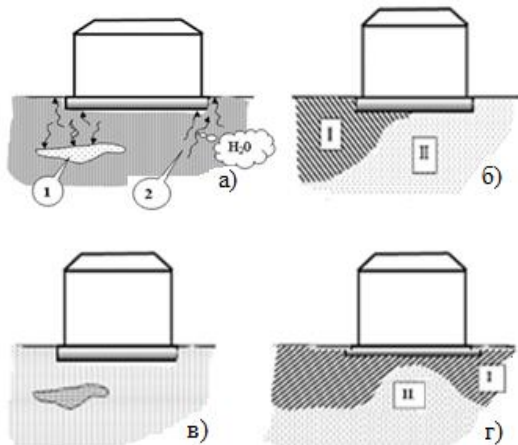


Рисунок 5 – Причини нерівномірного осідання будинку (споруди): а – фільтраційна консолідація; б – вклинювання пластів; в – лінзоподібне залягання пластів; г – неоднакова потужність пластів

За локальних змін фізико-механічних характеристик ґрунту (замочування, підтоплення) в будівлях скінченної жорсткості можуть виникати прогини, вигини, перекоси, кутові переміщення.

При прогинах найбільш небезпечна розтягнута зона виникає в будівлі у її нижній частині, що викликає виникнення похилих тріщин в основному між віконними прорізами. У верхній зоні також утворюються тріщини внаслідок виникнення зсувних напружень (рис. 6, а).

Прогин та вигин пов'язані з викривленням будинку (споруди) внаслідок напластування ґрунтів різної потужності, при цьому прогин виникає за умови $m_{v1} < m_{v2}$, а вигин за умови $m_{v1} > m_{v2}$ (рис. 5, г).

При перекосах у верхній частині будинку можуть виникати суцільні вертикальні тріщини, а також похилі тріщини між віконними прорізами (рис. 6, б та рис. 7).

Перекоси виникають в будинках і спорудах внаслідок суттєвого нерівномірного осідання окремих ділянок невеликої протяжності при збереженні проєктного положення основної частини будинку чи інженерної споруди. В результаті набуття подібних деформацій будинок може перейти в аварійний технічний стан [13].

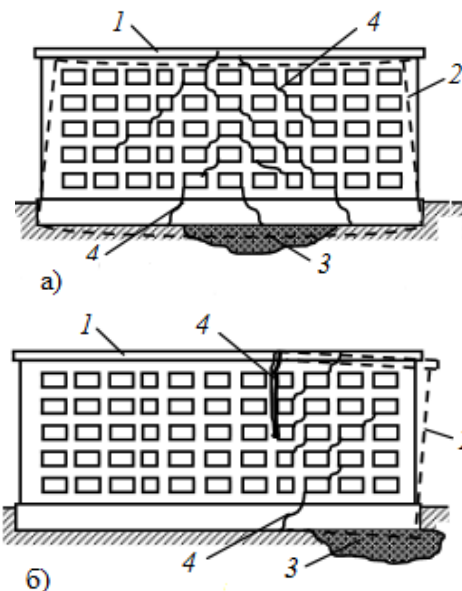


Рисунок 6 – Деформації прогину (а) та перекосу (б) при ослабленні ґрунту основи: 1 – стан будинку до деформування; 2 – стан будинку після деформування; 3 – масив зміненого ґрунту; 4 – можливе розташування тріщин

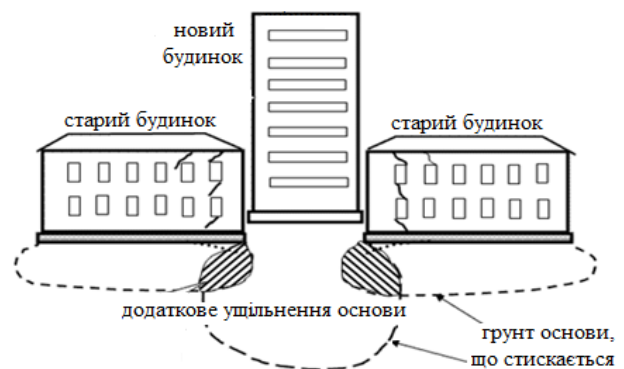


Рисунок 7 – Додаткове нерівномірне ущільнення ґрунтів внаслідок взаємовпливу фундаментів сусідніх будинків

Дослідження можливих причин погіршення технічного стану об'єктів, які були побудовані чи будуються на просідаючих лесових ґрунтах, дають підстави стверджувати, що деформації об'єктів будуть ймовірними, якщо під час проведення будівельних робіт з будь-яких причин буде замочений лесовий ґрунт під фундаментом будинку, що зводиться, чи будинків, що стали об'єктами оточуючої забудови.

Саме тому результати інженерно-геологічних вишукувань мають містити в собі дані, що необхідні для оцінювання можливих змін властивостей ґрунтів основи будинків і споруд при силових впливах внаслідок будівельної діяльності [2].

На рис. 7 систематизовано основні фактори та джерела підтоплення будинку, що може спричинити просідання його фундаменту [14].

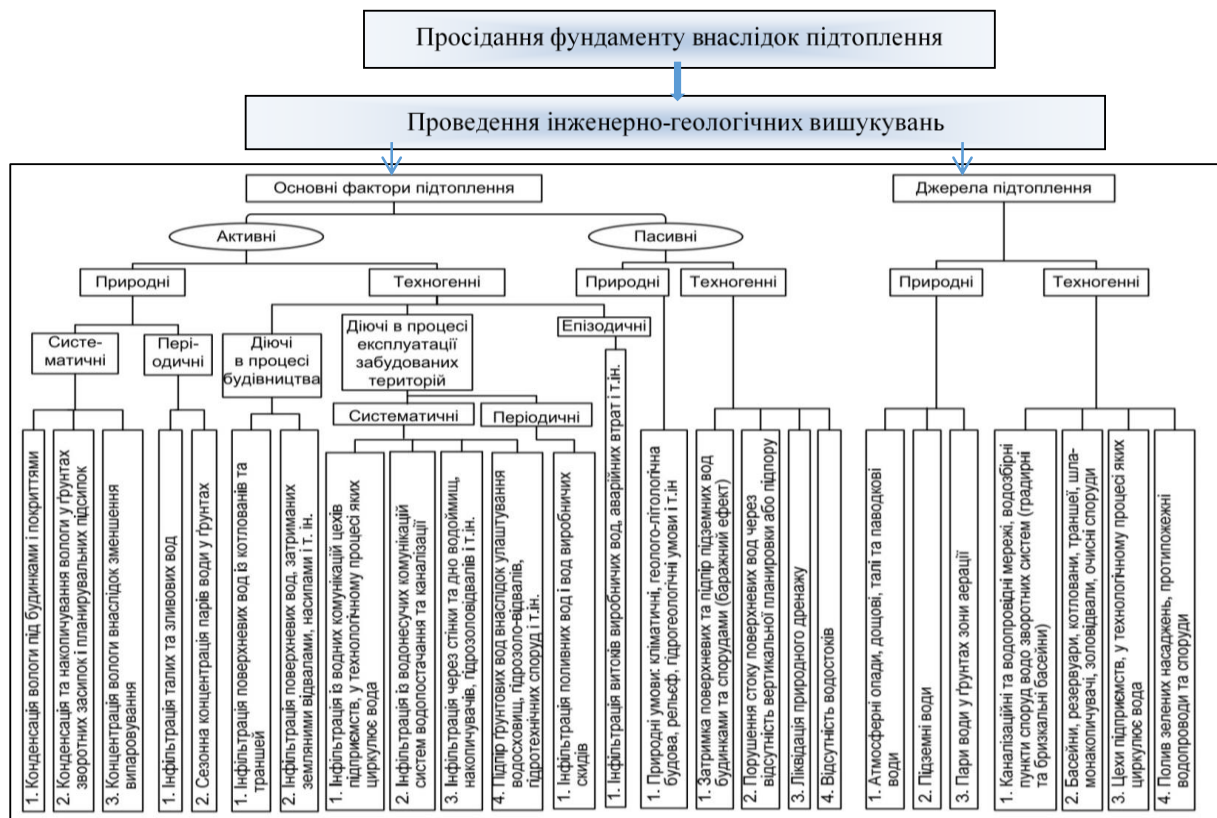


Рисунок 7 – Основні фактори та джерела зміни гідрогеологічного режиму ґрунтів, що можуть спричинити підтоплення та просідання фундаменту об'єкта будівництва

Висновки

В результаті проведених досліджень:

1. Встановлено, що однією з основних причин руйнації та деформації будинків і споруд є зміна гідрогеологічного режиму ґрунтів, що призводить до невідповідності розрахункових характеристик ґрунтів їх фактичним значенням;
2. Досліджено та систематизовано причини і наслідки змін гідрогеологічних режимів ґрунтів, які з великою ймовірністю можуть призводити до руйнації та деформації будинків чи споруд в процесі експлуатації;
3. З'ясовано, що при відповідному опрацюванні вихідних даних результати дослідження можуть бути використані при формуванні бази знань

спеціалізованих інтелектуальних систем підтримки судової будівельно-технічної експертизи, а саме для:

- наповнення бази знань системи нечіткого виведення апріорними правилами;
- формування еталонних карт пам'яті штучної нейронної мережі, що здатна виконувати функцію експерта при оцінюванні міри впливу різних факторів середовища на технічний стан об'єкта будівництва;
- формування логіки застосування.

Подальші роботи планується спрямувати на вирішення питань автоматизації процесу оцінювання міри впливу прихованих причин нерівномірного просідання будинків і споруд, що побудовані на просідаючих лесових ґрунтах.

Список літератури

1. Волошин В., Пантелеєв Є., Кияниця А., Божко Т., Ісмагулова Т., Деменко Л. Методичні рекомендації проведення судових будівельно-технічних експертиз з визначення причин руйнації будинків та споруд, зведених на просадних ґрунтах: звіт про НДР (заключ.) / керівник: В. Дорош. – 0101U003019. – Дніпро НДІСЕ МЮУ, 2002. – 45 с.
2. Бойко М. Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений: справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1993. – 208 с.
3. ДБН В.1.1-46:2017 Державні будівельні норми України. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. Видання офіційне. Мінрегіон України. Київ, 2017.
4. ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація. – Київ: Держкомітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 47 с.
5. Денисов Н.Я. Будівельні властивості лесу і лесових суглинків. Будвидав., 1958.

6. Гильман Я.Д., Анан'єв В.П. Будівельні властивості лесових ґрунтів, 1971.
7. Ломтадзе В.Д. Інженерна геологія. Інженерна геодинаміка, 1997.
8. Григорян А.А. Иванов Ю.К. Прогноз осідання ґрунтової товщі при замочуванні через невелике у плані глибоке джерело. Підвалини фундаменту і механіка ґрунтів, 1968.
9. Ісаєнко Д.В., Теренчук С.А. Моделювання інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень з технічного регулювання в будівництві. Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури. – 2018. – Вип. 72. – С. 18-25.
10. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. – М.: ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, 1989 // Сервіс документів БУДСТАНДАРТ Online. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?idoc=23329>.
11. Денисов Н.Я. Про природу просадних явищ у лесових суглинках, 1976.
12. ДБН А.2.1-1-2014. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва / Мінрегіонбуд України. – Київ, 2014.
13. Бабич Є.М., Караван В.В., Бабич В.Є. Діагностика, паспортизація та відновлення будівель і інженерних споруд: Підручник. – Рівне: Волинські береги, 2018. – 176 с.
14. Бойко І.П., Сахаров В.О., Сахаров С.О. Дослідження динамічних властивостей конструкцій системи «основа – фундамент – надземні конструкції» // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.: КНУБА, 2006. – Вип. 30.

Стаття надійшла до редколегії 25.08.2020

Pasko Roman

Head of Laboratory of Engineering and Technical Research, orcid.org/0000-0002-3313-0368

Kyiv Scientific Research Institute of Forensic Expertise of the Ministry of Justice of Ukraine, Kyiv

Terenchuk Svitlana

PhD (Physical and Mathematical Sciences), Associate Professor of Department of Information Technology Design and Applied Mathematics, orcid.org/0000-0001-6527-4123

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Aghezzaf Amine

Master of the Department of Metal and Wooden Structures, orcid.org/0000-0003-2872-939X

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ANALYSIS OF DETERIORATION CAUSES TO THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS CONSTRUCTED ON SUBSIDENCE LOESS SOILS

Abstract. *The aim of the work is to analyze the reasons for the deterioration of the technical condition of construction sites erected on subsidence loess soils. The research is based on a systematic analysis of expert practice to identify the causes of deterioration of the technical condition of buildings and structures erected and operated on loess soils. It was established that the main reason for the deformation of the objects of examination was insufficient research of loess soils. The mechanism of development of subsidence deformations of loess soils is considered. The analysis of the reasons of change of a hydrogeological mode of soils of Ukraine is carried out. Systematized environmental factors that are likely to lead to changes in hydrogeological regimes of soils in the construction and operation of buildings and structures erected and operated on subsidence loam soils. Particular attention is paid to the study of causes of changes in the hydrogeological regime of soils that leads to a mismatch of the calculated characteristics of the base soils used in the construction of the object, 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 their uneven subsidence. The main factors and sources of flooding of the house, which can cause subsidence of its foundation, are systematized. The relationship between the appearance or development of damage to the structure of the house and the probable causes of deterioration of the technical condition of the object, what caused by various environmental factors. The results of the work are planned to be used in filling the fuzzy knowledge base of the intelligent support system of forensic construction and technical expertise with a priori rules.*

Keywords: *building; damage; hydrogeological regime; forensic building-technical expertise; subsidence loess soil*

References

1. Voloshyn V., Panteleev Y., Kyanytsya A., Bozhko T., Ismahulova T., & Demenko L. (2002). *Methodical recommendations for conducting forensic construction and technical examinations to determine the causes of destruction of buildings and structures erected on subsidence soils: a report on research (conclusion)*. Head: V. Dorosh. – 0101U003019. – Dnipro NDISE MYUU, 45 p.
2. Boyko M. D. (1993). *Maintenance and repair of buildings and structures: a reference guide*. – М.: Stroyizdat, 208 p.
3. ДБН В.1.1-46: 2017. *State building codes of Ukraine. Engineering protection of territories, buildings and structures from landslides and landslides. Substantive provisions. The publication is official*. Ministry of Regional Development of Ukraine. Kyiv, 2017.
4. DSTU В В.2.1-2-96 *Foundations and foundations of buildings and structures. Soils. Classification*. – Kyiv: State Committee of Ukraine for Urban Planning and Architecture, 1997, 47 p.

5. Denysov N. Ya. (1958). *Construction properties of forest and loam. Budvidav.*
 6. Hyl'man Ya. D., Anan'yev V.P., (1971). *Construction properties of loess soils.*
 7. Lomtadze V. D., (1997). *Engineering geology. Engineering geodynamics.*
 8. Hryhoryan A. A. Ivanov Yu. K., (1968). *The forecast of subsidence of the soil layer during soaking through a small deep plan. Foundation foundations and soil mechanics.*
 9. Isayenko D. V., Terenchuk S. A. (2018). *Modeling of intelligent decision support system for technical regulation in construction. Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. – Vip. 72. – P. 18-25.*
 10. *Recommendations for the survey and assessment of the technical condition of large-panel and stone buildings. – M: TSNIIPromzdaniy Gosstroy of the USSR, 1989 // Service documents BUDSTANDART Online. – [Electronic resource]. – Access mode: <http://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?iddoc=2332>.*
 11. Denysov N. Ya. (1976). *On the nature of subsidence phenomena in forest loams.*
 12. DBN A.2.1-1-2014. *Survey, design and territorial activities. Engineering research for construction / Ministry of Regional Development of Ukraine. – Kyiv, 2014.*
 13. Babych Y. M., Karavan V. V., Babych V. Y. (2018). *Diagnosis, certification and restoration of buildings and engineering structures: Textbook. – Rivne: Volyn charms, 176 p.*
 14. Boyko I. P., Sakharov V. O., Sakharov C. O. (2006). *Research of dynamic properties of structures of the system "foundation – foundation – aboveground structures" // Fundamentals and foundations: Interdepartmental scientific and technical collection. – Kyiv: KNUBA. – Вып. 30.*
-

Посилання на публікацію

- APA Pasko, R., Terenchuk, S. & Aghezzaf, A. (2020). *Analysis of Deterioration Causes to the Technical Condition of Buildings Constructed on Subsidence Loess Soils. Management of Development of Complex Systems*, 43, 116 – 122, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.43.116-122](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.116-122).
- ДСТУ Пасько Р.М. Аналіз причин погіршення технічного стану об'єктів, побудованих на просідаючих лесових ґрунтах [Текст] / Р. М. Пасько, С. А. Теренчук, А. Агхеззаф // *Управління розвитком складних систем. – 2020. – № 43. – С. 116 – 122. [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.43.116-122](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.116-122).*