

# ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА ЖИТЛА, ПРОМИСЛОВИХ І ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄКТІВ

УДК: 622 837

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2023.02.011>

## АНАЛІЗ УШКОДЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ ВІД ВПЛИВУ ПРОСАДКОВИХ ҐРУНТІВ

**Ю.І. ЯРЕМКО,**

*доктор економічних наук, професор кафедри землеустрою, геодезії  
та кадастру Херсонського державного аграрно-економічного  
університету*

*pivden-zemlja@ukr.net*

**В.М. ЯЦЕНКО,**

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент  
кафедри землеустрою, геодезії та кадастру Херсонського державного  
аграрно-економічного університету*

*vlad44.44@ukr.net*

**Ж.О. ШАТАЛОВА,**

*асистентка кафедри землеустрою, геодезії та кадастру Херсонського  
державного аграрно-економічного університету*

*shatalova24@ukr.net*

**Анотація.** У статті представлена класифікація ушкоджень об'єктів, що розташовані на просадкових ґрунтах, яка розроблена за результатами аналізу наукових вишукувань, що проводились з використанням комплексної методики геодезичних спостережень за деформаціями земної поверхні і несучих конструкцій 273 житлових будівель, а також споруд Херсонського державного аграрно-економічного університету, які розташовані на ділянках з вищевказаними властивостями ґрунтів.

Аналіз показав, що ступінь пошкоджень залежить не тільки від розряду, розмірів, конструктивних особливостей, технічного стану будівлі чи споруди, характеру експлуатації об'єкту, але і від місця розташування лійки просідання під ним.

Використання розробленої методики спостережень дає можливість в повному обсязі визначити причини і негативні фактори виникнення деформацій на земній поверхні, а також в несучих конструкціях будівель і споруд та розробити комплекс заходів зі збереження нормальної експлуатаційної якості об'єктів

в період активної стадії процесу просідання ґрунтів і горизонтальних переміщень земної поверхні.

Для уточнення характеру деформацій в будівлях і спорудах, що перебувають у різних зонах лійки просідання, треба продовжити дослідження в інших регіонах країни.

**Ключові слова:** деформація земної поверхні, деформація несучих конструкцій, експлуатаційні властивості, лійка просідання.

### **Постановка проблеми.**

Просадкові ґрунти – це ґрунти у яких материнська порода представлена лесами або лесовидними суглинками, вони займають біля 350 тис. км<sup>2</sup> усієї площі України.

Просадкові лесові ґрунти мають високу пористість (до 60%). У природних умовах при малій вологості лесові ґрунти мають значну міцність й є надійною основою будівель та споруд. Але при зволоженні ґрунту до так званої критичної вологості виникають просідання, що супроводжується додатковими нерівномірними осіданнями або опусканням денної поверхні землі [1].

При обстеженні об'єктів, зведених на просадкових ґрунтах, які піддаються замочуванню, найчастіше фіксуються осідання та зрушення земної поверхні, що, у свою чергу, викликає напруження і деформації основних несучих конструкцій будівель – фундаментів, стін та перекриттів. Тому прогноз очікуваних ушкоджень будівель, споруд та інженерних комунікацій, з врахуванням впливу замочування просадкових ґрунтів, є актуальною науково-технічною задачею.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

До просадкових ґрунтів, відповідно до ДСТУ Б.В.2.1-2-96, відносяться

пилувато-глинисті різновиди дисперсних осадових мінеральних ґрунтів, що дають при замочуванні та постійному зовнішньому навантаженні і навантаженні від власної ваги ґрунту додаткові деформації – просадки, ущільнення ґрунту, що відбуваються внаслідок зміни його структури.

Щодо лесового ґрунту на території України, то, на думку дослідників В. П. Ананьєва, П. К. Заморія, В. Ф. Краєва, він є оолово-льодовикового походження.

Вплив різних факторів на властивості міцності лесових ґрунтів почали досліджувати ще в ХІХ ст., проте і на сьогодні ця проблема не втратила своєї актуальності. До кінця ХХ ст. були сформульовані гіпотези про походження цієї властивості і накопичений величезний експериментальний матеріал.

Аналіз окремих чинників і практичні рекомендації щодо конкретних об'єктів можна знайти у публікаціях наступних авторів: Р. Ламперті, В.Б. Швець [2], В. Сухін, Ю.М. Абелєв, З.Г. Зубко, В. Глущенко, В.Л. Седін, Н.І. Крігер. М. Яковенко [3], П. Двуліт [4], а також у звіті Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» [5], але в цих роботах не були узагальнені і критично оцінені всі наявні дані.

Тому науково і практично значимою була поява монографій В.Т.

Трофімова «Генезис просадності лесових порід» (1999), «Теорія формування просадності лесових порід» та ін.(2003), які стали результатом систематизації, класифікації та аналізу змісту висунених різними авторами гіпотез про формування просадності лесових порід як сингенетичної або епігенетичної їх властивості; узагальнення експериментальних даних різних авторів, а також створення нових логіко-графічних моделей формування просадковості лесових порід різного генезису.

Одним з останніх досліджень є дисертаційна робота Д. Келкай «Зміна фізико-механічних властивостей лесових просадних ґрунтів в зоні промислової забудови (на прикладі черкаського ВАТ «Азот»)» та робота О.В. Гранько [6]. У роботах цих авторів наводиться аналіз конкретних факторів, які впливають на міцність лесових порід, а також стійкість будинків і споруд. Саме в цих роботах показана необхідність визначати вплив не окремих, а цілого комплексу цих факторів, що дасть можливість підвищити якість оцінки стану природної та техногенної складових досліджуваних природно-технічних систем.

*Метою дослідження* є аналіз основних чинників впливу на деформаційні властивості основних конструкцій споруд і будинків, які зведені на лесових ґрунтах, розробка класифікації умов та режиму їх експлуатації за ступенем пошкодження будівель.

### ***Матеріали і методи наукового дослідження.***

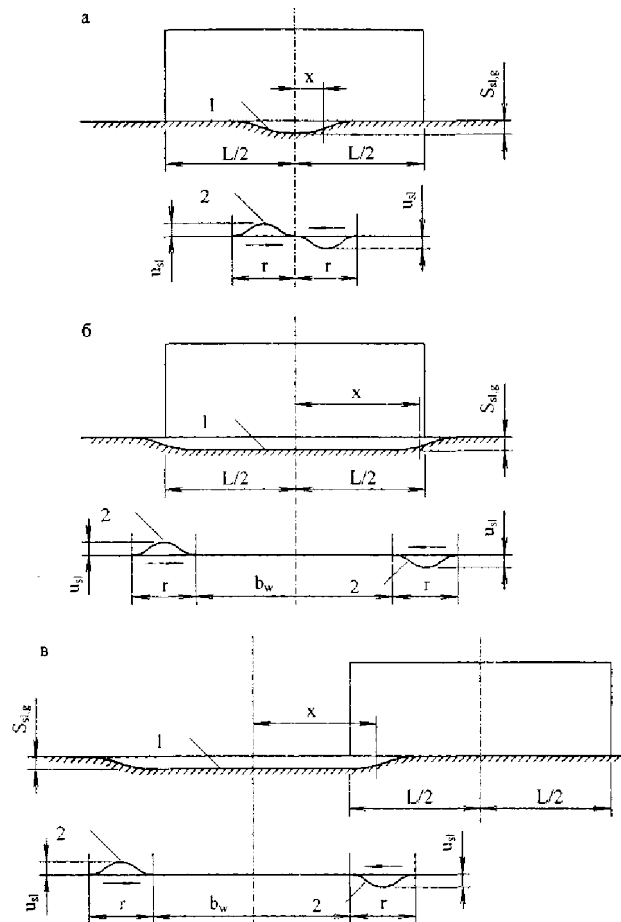
У статті використані результати моніторингових геодезичних спостережень по вивченню процесу виникнення та розвитку деформацій земної

поверхні і в несучих конструкціях 273 житлових будівель, а також споруд Херсонського державного аграрно-економічного університету (далі Університет) (головний корпус «Морфологія», гуртожиток №3), які розташовані на ділянках з просадковими ґрунтами.

Для вирішення поставлених завдань використано наступні методи дослідження: метод моніторингу за деформаціями земної поверхні і основних конструкцій 273 житлових будівель, а також споруд Університету, оснований на даних високоточних геодезичних вимірів; картографічний метод був використаний для побудови картографічних моделей з застосуванням ГІС-технологій (програмного продукту DIGITALS) та математичної обробки вимірів і візуалізації результатів. Лінійно-кутові вимірювання (визначення осідань та деформацій споруд різних типів); метод математичного моделювання був використаний для встановлення тісноти зв'язків між досліджуваними факторами. Дослідження деформацій споруд виконувались традиційними методами, але для досягнення надійніших результатів були поєднані різні методи моніторингу.

### ***Результати дослідження та обговорення.***

«Ґрунтові умови, залежно від величини просідання від власної ваги при замочуванні, бувають двох типів. При першому типі просідання ґрунту від власної ваги становить не більш 5 см. При другому типі можливе просідання від власної ваги становить більше 5 см. Ґрунти другого типу при товщині шару 14-16 м дають просідання під вагою будівлі до 50 см. До



**Рис. 1. Схеми вертикальних та горизонтальних переміщень поверхні основи при просіданні ґрунту від власної ваги**

а, б – при розташуванні лійки просідання під серединою будинку; в – при розташуванні лійки просідання під торцем будинку; 1 – лійка просідання; 2 – горизонтальні переміщення поверхні

просадкових відносять також пилувато-глинисті ґрунти, які при замочуванні дають значне додаткове просідання. Ця властивість характерна в основному для лесів і лесовидних суглинків, які в необхідному стані мають задовільну несучу здатність, обумовлену міцністю структурних зв'язків між частками ґрунту. При замочуванні ці зв'язки руйнуються, що супроводжується просіданням зі змінною внутрішньої структури ґрунту.

Деформування просадкових ґрунтів залежить від розмірів та розташування локальних джерел можливого замочування ґрунтів основи з

поверхні або при прогнозованому підйомі рівня підземних вод в межах території забудови. Це деформування призводить до утворення лійки просідання» [7].

Параметри деформування земної поверхні при просіданні ґрунтів визначаються шляхом розрахунку за даними інженерно-геологічних вишукувань згідно з Додатком 2 діючого нормативного документу ДБН В.1.1-5-2000.

У розрахунку осідань та деформацій просадкових ґрунтів використовуються прийняті у практиці проектування рішення для розрахунку

основ і застосовуються умовні схеми замочування ґрунтів та проявлення деформацій.

У нормативному документі ДБН В.1.1-5-2000 наводиться два варіанти щодо розташування джерела замочування: 1) – під серединою будинку чи споруди; 2) – під торцем будинку чи споруди (рис. 1)

«Впливи на конструкції будинків та споруд від нерівномірних деформацій основи при просіданні її ґрунтів в наслідок замочування приймаються у вигляді:

– зниження контактної жорсткості основи на замочених ділянках в наслідок виникнення деформацій просідання і додаткових деформацій непросадних ґрунтів від зовнішнього навантаження у верхній зоні просідання (враховується при групах складності умов будівництва 1-А, 1-Б, 2-А, 2-Б і 2-В);

– вертикальних і горизонтальних переміщень контактної поверхні основи у результаті просідання ґрунтів та додаткових деформацій непросадкових ґрунтів від власної ваги в її нижній зоні на ділянці 2г (враховується при групах складності умов будівництва 2-А, 2-Б і 2-В);

– додаткових навантажень на заглиблені конструкції будинків та споруд чи перетворені масиву їх основ, які виникають від тертя по вертикальних поверхнях при просіданні ґрунтів від власної ваги (враховується при групах складності умов будівництва 2-А, 2-Б і 2-В) [8].

Довжина ділянки основи, на якій її жорсткість знижується в результаті замочування ґрунтів, залежить від глибини закладання фундаменту, глибини розташування джерела замочування, глибини зони просідання від зовнішнього навантаження та вели-

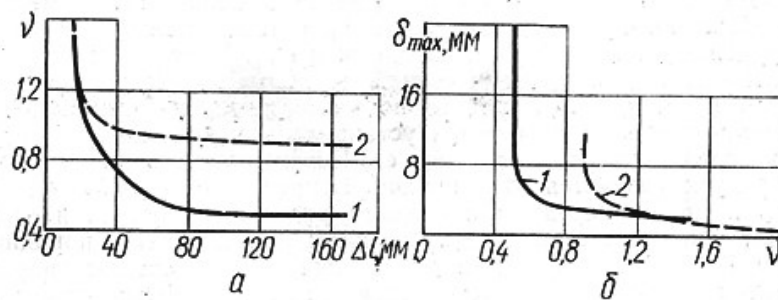
чини кута  $\beta$  до вертикалі розтікання води у боки від джерела замочування, що приймається для лесових супісків і лесів  $35^\circ$ , а для лесоподібних суглинків  $50^\circ$ .

При групах складності умов будівництва 2-А, 2-Б і 2-В необхідно враховувати, крім просідання ґрунтів від зовнішнього навантаження та від власної ваги ґрунту, також і горизонтальні переміщення земної поверхні  $u_{sl}$  (рис. 1)» [8].

При проведенні обстежень чіткий розвиток деформації (зазвичай у вигляді тріщин) простежується у стінах, стан яких найбільш повно відображає знос будинків. У зв'язку з цим, необхідно визначати очікувані пошкодження будівель і споруд на базі розрахункових величин осідань і деформації просадкових ґрунтів.

В якості критерію для оцінки ступеня розвитку деформації земної поверхні використовуються сумарні деформації  $\Delta l$ , а для оцінки ступеня пошкодження в основних несучих конструкціях – максимальне розкриття  $\delta$ тах тріщин [9].

За результатами досліджень деформацій будівель і споруд з урахуванням їх конструктивних особливостей та умов просідання ґрунтів, визначені ступені пошкодження об'єктів в залежності від величини розкриття тріщин. Аналіз показав, що ступінь пошкодження залежить не тільки від розряду, розмірів, конструктивних особливостей, технічного стану, характеру експлуатації, деформацій земної поверхні об'єкта, але і від місця розташування лійки просідання. Будинки і споруди при підробці потрапляють в різні зони деформацій земної поверхні. У зоні розтягування проявляються одночасно деформація позитивної кривизни,



**Рис. 2.** Графіки залежності коефіцієнта  $\nu$  від сумарних деформацій  $\Delta l$  (а) і максимального розкриття тріщин  $\delta_{max}$  від  $\nu$  (б)

1 – зона розтягування; 2 – зона стиснення.

а в зоні стиснення – негативної [10].

Встановлено, що у будівель без конструктивних заходів захисту майже немає запасу міцності на розтягнення і є значний запас міцності на стиск. Тому найбільш небезпечні для споруд деформації горизонтальних переміщень і позитивної кривизни. В даному випадку характер розвитку ушкоджень в різних зонах деформацій (розтягнення-стискання) і наслідки різні. Це підтверджується результатами обстежень 273 будівель. Умови: деформації горизонтальних переміщень розтягнень – від 0 до  $6 \cdot 10^{-3}$ ; стиснень – від 0 до  $4 \cdot 10^{-3}$ ; кривизна опуклості від 0 до  $16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}$ , кривизна угнутості від 0 до  $7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}$ .

При розташуванні будівель, розміри довгої сторони яких 20 – 40 м, в різних зонах і при впливі на будівлю деформацій розтягування в поверхових поясах, рідше простінках, утворюються вертикальні і косі тріщини, причому в протяжній будівлі деформації з'являються в декількох місцях [11]. Якщо в початковій стадії формування спостерігається рівномірне виникнення тріщин, то з певного моменту цей процес сповільнюється, а потім припиняється, стіни будівель поділяються на окремі блоки і деформація йде за рахунок розкриття існу-

ючих тріщин. Це ілюструється графіками (рис. 2).

Встановлено, що  $\Delta l$  і  $\delta_{max}$  пов'язані зворотною залежністю:

$$\nu_p = 15,35 (\Delta l) + 0,39; \quad (1)$$

$$\delta_{max p} = 3,6/\nu + 0,35 \quad \text{при } \nu \geq 0,5, \quad (2)$$

Де  $\nu = n_p/n_t$  – коефіцієнт, що характеризує відношення кількості прорізів на довгій стороні будівлі до кількості тріщин  $n_t$  тут же.

Кореляційне відношення залежностей (1 і 2) відповідно  $\eta_1 = 0,84$  і  $\eta_2 = 0,78$ .

При  $\Delta l = 0 \dots 45$  мм кількість тріщин завжди менше числа прорізів (рис. 1, а при  $\nu \geq 1$ ), а максимальне розкриття тріщин не більше 3 мм (рис. 1, б). В інтервалі  $\Delta l = 30 \dots 100$  мм кількість тріщин зростає до значення, яке приблизно в 2 рази перевищує число прорізів ( $\nu = 1 \dots 0,5$ ), розкриття збільшується від 3 до 12 мм. При подальшому зростанні деформацій земної поверхні ( $\Delta l > 100$  мм) кількість тріщин не зростає ( $\nu = 0,5$ ), а збільшується їх розкриття ( $\delta T = 12$  мм). Між величинами існує залежність:

$$\delta_{max} = 3,7 \cdot 10^{-4} \Delta l^2 + 7,3 \cdot 10^{-2} \Delta l, \quad \eta_3 = 0,93 \quad (3)$$

### 1. Класифікація заходів за ступенями пошкоджень для різних зон

Δl, мм, при поверховості		δ <sub>max</sub> , мм	ν	Ступінь пошкодження	Пошкодження стін	Заходи, що забезпечують нормальну експлуатацію будівель при виникненні деформацій в основних конструкціях
1–3	4–5					
<b>Зона розтягнення</b>						
0–30	0–45	0–3	1,0	I	Рідкісні косі і вертикальні тріщини в місцях примикання перегородок і в перетинах, ослаблених отворами. 60% тріщин з розкриттям до 1 мм.	Проведення косметичного ремонту після процесу зрушення.
30–60	45–75	3–6	1,0–0,6	II	40–50% тріщин з розкриттям до 1 мм. Косі тріщини в простінках. Рідкісні тріщини до 3 мм. Капітальні стіни відходять від перегородок, щілини до 5–8 мм.	Позачерговий контроль і влаштування тимчасових кріплень з метою запобігання обваленню штукатурки. Установка маяків. Після зрушення закладення тріщин в стінах, косметичний ремонт.
60–100	75–120	6–12	0,6–0,5	III	До 65% вертикальних і косих тріщин в простінках і міжповерхових поясах з розкриттям до 3 мм. Рідкісні тріщини до 4 мм між капітальними стінами і перегородками, щілини до 15 мм, відшаровування штукатурки.	Видалення відшарувалася штукатурки, установка тимчасового кріплення під провислими ділянками стель і при необхідності підшивки їх металевою сіткою. Після підрізки проведення ремонту з відновленням несучої здатності основних конструкцій.
100–150	120–180	12–18	0,5	IV	Косі і вертикальні тріщини під прольотами і в простінках. 70% тріщин збільшені до 5 мм. По кутах і в місцях з'єднання стін і перегородок вертикальні до 15–20 мм.	Будову пристроїв для об'ємного обтиску, установка тимчасового кріплення під плитами перекриття, тимчасове припинення експлуатації окремих приміщень. Проведення відновного ремонту.
150–200	180–210	18–25	0,5	V	Більшість (до 70%) тріщин з розкриттям 5–8 мм. Тріщини по кутах між капітальними стінами і в місцях з'єднання стін і перегородок, вертикальні тріщини збільшені до 25 мм.	Додаткове посилення несучих конструкцій, закладення наскрізних тріщин; тимчасове припинення експлуатації приміщень і будівель, в яких порушені основні конструкції. Після підрізки проведення ремонту із закладенням тріщин, встановленням додаткових кріплень, хомутів, обойм і т.д.
>200	>210	>25	0,5	VI	Більшість тріщин з розкриттям 7–10 мм, а на примиканні до капітальних стін до 50–60 мм. Відшаровування штукатурки на значних площах.	Можливо припинення експлуатації будівлі. Після підрізки посилення порушених конструкцій за спеціальним проектом
<b>Зона стискання</b>						
0–40	0–60	0–3	1,4	I	Рідкісні горизонтальні тріщини. Можлива мережу волосяні тріщини біля прорізів і в місцях примикання перегородок.	Після підрізки проведення косметичного ремонту
40–80	60–100	3–6	1,4–1	II	Горизонтальні і діагональні тріщини з розкриттям до 2 мм, на стиках з капітальними стінами до 3 мм. Спучування штукатурки на фасадах і в місцях примикання перегородок.	Періодичне збирання відшарувалася штукатурки в приміщеннях, де постійно перебувають люди. Після підрізки виконання косметичного ремонту з подальшим закладенням тріщин.

Закінчення табл. 1

80–120	100–150	6–12	1–0,9	III	Незначне зміщення частин стіни по контакту горизонтальних тріщин з розкриттям до 4 мм. Спучування і відшарування штукатурки. Тріщини на стиках з капітальними стінами з розкриттям до 5-8 мм. Перекуси прорізів.	Видалення відшарувалася штукатурки. Тимчасове кріплення прорізів для запобігання перекосу, пристрій компенсаційних траншей, деформаційних швів. Проведення відновного ремонту після зрушення.
120–180	–	12–18	0,8	IV	Можливе незначне випинання стін. Розшарування кладки з вивалами її елементів в зоні тріщин з розкриттям до 5-8 мм, спучування, відшарування і відвали штукатурки. Перекіс більшості прорізів із зсувом нижньої частини.	Введення додаткових заходів захисту, що зменшують стиснення, тимчасова закладення наскрізних тріщин, тимчасове припинення експлуатації окремих приміщень. Проведень відновного ремонту.

Таким чином, в зоні розтягування можна спостерігати три стадії розвитку деформацій основних конструкцій:

1. при  $v \geq 1$  кількість тріщин може досягати числа прорізів, розкриття їх не більше 3 мм;

2. при  $v = 1 \dots 0,5$  кількість тріщин продовжує рости, швидкість розкриття їх до  $\delta_{max} = 10 \dots 12$  мм стрімко збільшується. При цьому число тріщин не росте, а їх розкриття збільшується;

3. при  $v = 0,5$  кількість тріщин не росте, а їх розкриття збільшується.

З урахуванням викладеного, проведена класифікація умов за ступенем пошкодження будівель. За розмірами максимального розкриття тріщин  $\delta_{max}$  та залежно від показника сумарних деформацій  $\Delta l$ , коефіцієнта  $v$  і поверховості, пошкодження в зоні розтягування розбиті на шість ступенів. (див. таблицю 1).

При впливі на будівлю деформацій стиснення характерними є горизонтальні тріщини, що виникають переважно на рівні віконних і дверних прорізів. Відзначимо, що на відміну від зони розтягування, тріщини починають утворюватися при

$\Delta l > 15$  мм,  $v \geq 1,4$  і  $\delta_{max} = 2$  мм (рис. 1). При наростанні деформацій стиснення ( $\Delta l = 30 \dots 70$  мм) збільшується кількість горизонтальних тріщин до значення, рівного числу отворів ( $v = 1,4 \dots 1$ ), а розкриття тріщин – до  $\delta_{max} = 2 \dots 5$  мм. При подальшому зростанні горизонтальних переміщень земної поверхні ( $\Delta l > 70$  мм) спостерігається відносно зміщення частин конструкції по контакту тріщин.

Горизонтальні тріщини продовжують збільшуватись ( $\delta_{max} > 5$  мм) і можуть переходити в діагональні ( $v = 0,9$ ), а їх кількість незначно зростає. Подальші пошкодження відбуваються за рахунок збільшення розкриття тріщин при зміщенні конструкцій по контактах. При цьому

$$v = 14,67 / (\Delta l) + 0,8$$

при  $v \leq 1,4$ ; (4)

$$\delta_{max} = 4,85 / v - 1,52$$

для  $\delta \leq 8$  мм. (5)

Кореляційне відношення залежностей (4 і 5) відповідно  $\eta_5 = 0,72$  і  $\eta_5 = 0,64$ .

Встановлено залежність між  $\delta_{max}$  і  $\Delta l$ :

$$\delta_{max} = 0,6 \sqrt{\Delta l}, \eta_6 = 0,73 \quad (6)$$

Для зони стиснення також проведена класифікація умов за ступенями



пошкоджень згідно з тими критеріями, що і для зони розтягування.

### **Висновки і перспективи досліджень.**

Досвід моніторингу стану будівель і споруд дозволив розробити комплекс заходів щодо збереження нормальних експлуатаційних властивостей об'єктів в період активної стадії процесу просідання ґрунтів і горизонтальних переміщень земної поверхні.

Класифікація заходів розроблена за ступенями пошкоджень для різних зон (див. табл. 1).

Для уточнення характеру деформацій в будівлях і спорудах, що перебувають у різних зонах лійки просідання, треба продовжити дослідження в інших регіонах країни. Головними заходами, що забезпечують нормальну експлуатацію будівель з виявленими ступенями пошкоджень, є:

– проведення комплексу спостережень за станом основних конструкцій будівель і своєчасна ліквідація виникаючих порушень для I, II і III ступенів ушкоджень;

– посилення основних конструкцій об'єктів, часткову зміну їх режиму експлуатації в несприятливих умовах (IV, V ступеня пошкоджень);

– складання спеціального проекту захисту об'єктів, які розташовані в особливо несприятливих умовах (VI ступінь пошкоджень) в зоні розтягування.

---

### **Список літератури**

1. Механіка ґрунтів / В. Б. Швець // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2018.
2. Швець В. Б. К оценке просадочности лесовых грунтов / В. Б. Швець, В. Л. Седин // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Серія : Галузеве машинобудування, будівництво. - 2008. - Вип. 22. - С. 165-171.
3. Яковенко М. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах / М. Яковенко, О. Нестеренко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: зб. наук. праць. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 55
4. P. Dvulit. Determination of plumb lines with using trigonometric levelling and GNSS measurements / P. Dvulit, Z. Dvulit, I. Sidorov // Geodesy, cartography and aeral photography. – 2019. №89 P. 12-19; <https://doi.org/10.23939/istcgcap2019.01.012> (in English).
5. Звіт за результатами вібродинамічних обстежень ґрунту та конструкцій прилеглої будівлі на вул. Московська, 5 з метою контролю вібраційних впливів при влаштуванні шпунтового огородження котловану на будівельному майданчику об'єкту: «Будівництво житлово-офісного комплексу з торгівельними приміщеннями та паркінгом по вул. Московська, у Печерському районі м. Києва». – Київ: ДП НДІБК-2020. -80 с. 2
6. Гранько О.В. Напружено-деформований стан тривало навантажених лесових основ за умови їх підтоплення : Дис... канд. техн. наук: 05.23.02 – 2008.
7. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Частина II. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах : ДБН В.1.1-5-2000. – [Чинний від 2000-07-01]. К. : Держкомбуд України, 2000. 87 с.

8. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. — К.: Мінрегіонбуд Укр., 2009.
9. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. — Чинний від 2008-07-01. — Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. — 72 с. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення, вимоги проектування». Київ 2006.
10. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 «Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд». Київ, 2015.
11. ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів». Київ, 2007.

### References

1. V. B. Shvets (2018) Mekhanika gruntiv. Entsiklopediia Suchasnoi Ukrainy [Mechanics of soils. Encyclopedia of Modern Ukraine] National Academy of Sciences of Ukraine, National Academy of Sciences. Institute of Encyclopedic Research of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv, Ukraine
2. Shvets V.B., Sedin V.L. (2008) K otsenke prosadochnosti lessovikh gruntov [On the assessment of subsidence of loess soils]. Poltava, Ukraine
3. Zvit za rezultatamy vibrodynamichnykh obstezhen gruntu ta konstruktsii prylehloi budivli na vul. Moskovska, 5 z metoiu kontroliu vibratsiinykh vplyviv pry vlashtuvanni shpuntovoho ohorodzhennia kotlovanu na budivelnomu maidanchyku ob'ektu: «Budivnytstvo zhytlovo-ofisnoho kompleksu z torhivelnymy prymishchenniamy ta parkinhom po vul. Moskovska, u Pecherskomu raioni m. Kyieva» [Report on the results of vibrodynamic surveys of the soil and structures of the adjacent building on the street. Moskovska, 5 for the purpose of controlling the vibration effects during the installation of the sheet pile fence of the pit on the construction site of the object: "Construction of a residential and office complex with commercial premises and parking on the street. Moskovska, in the Pechersk District of Kyiv"] (2020) Kyiv, Ukraine
4. M. Yakovenko (2020) Ohliad vydiv heodezychnoho monitorynhu budivel i sporud v skladnykh inzhenerno-heolohichnykh umovakh [Overview of types of geodetic monitoring of buildings and structures in complex engineering and geological conditions] Modern problems of architecture and urban planning: coll. of science works. Kyiv, Ukraine
5. P. Dvulit (2019) Determination of plumb lines with using trigonometric levelling and GNSS measurements Geodesy, cartography and aeral photography. —<https://doi.org/10.23939/istcgcap2019.01.012> (in English).
6. Granko O.V. (2008) Napruzhenodeformovani stan trivalo navantazhenikh lesovikh osnov za umovi ikh pidtoplennya [Stress-deformed state of long-loaded loess bases under the condition of their flooding]. Poltava, Ukraine
7. Budynky i sporudy na pidrobliuvanykh terytoriiakh i prosidaiuchykh gruntakh. Chastyna II. Budynky i sporudy na prosidaiuchykh hruntakh [Buildings and structures on reclaimed territories and subsiding soils. Part II. Buildings and structures on subsiding soils] DBN V.1.1-5-2000. (2000) Kyiv, Ukraine
8. Osnovy ta fundamenty sporud. Osnovni polozhennia proektuvannia [Bases and foundations of buildings. Basic provisions of design] DBN B.2.1-10-2009 (2009) Kyiv, Ukraine
9. Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva [Engineering searches for construction] DBN A.2.1-1-2008. (2008) Kyiv, Ukraine
10. Grunty. Metody vymiriuvannia deformatsii

osnov budynkiv i sporud [Soils. Methods of measuring deformations of foundations of buildings and structures] DSTU B V.2.1-30:2014 (2015) Kyiv, Ukraine

11. Naukovo-tehnichniyi suprovid budivelnykh ob'ektiv [Scientific and technical support of construction objects] DBN V.1.2-5:2007 (2007) Kyiv, Ukraine

---

**Yaremko Yu., Yatsenko V., Shatalova Zh.**

**ANALYSIS OF DAMAGE TO OBJECTS FROM THE INFLUENCE OF SUBSIDENCE SOILS**

**LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 2'23: 114-124.**

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2023.02.011>

**Abstract.** *The article examines the process of observations based on the complex methodology of geodetic observations of deformations of the earth's surface and load-bearing structures of 273 residential buildings, as well as buildings of the Kherson State Agrarian and Economic University, which are located on areas with subsidence soils.*

*The analysis showed that the degree of damage depends not only on the discharge, dimensions, structural features, technical condition, nature of operation, deformations of the earth's surface of the object, but also on the location of the subsidence funnel.*

*The use of the developed observation method in full makes it possible to determine the causes and negative factors of deformations on the earth's surface, in the load-bearing structures of buildings and structures, and to develop a set of measures to preserve the normal operational properties of objects during the active stage of the process of soil subsidence and horizontal movements of the earth's surface.*

*To clarify the nature of deformations in buildings and structures located in different zones of the subsidence funnel, it is necessary to continue research in other regions of the country.*

**Key words:** *deformation of the earth's surface, deformation of load-bearing structures, operational properties, subsidence funnel*

---