

УДК 624.131.23

Н.В. Зуєвська (д-р техн. наук)

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОСІДАННЯ ЛЕСОВИХ ҐРУНТІВ З УРАХУВАННЯМ ГІДРОТЕРМАЛЬНОГО ФАКТОРА

Розглядаються причини інтенсифікації процесів просідання в лесових ґрунтах при замочуванні їх водою з підвищеною температурою.

Ключові слова: посадочний ґрунт, температура води для замочування, вологопровідність, глибина замочування.

Вступ. Значна територія України складається з лесових ґрунтів різного ступеня просадності. Практика міського будівництва та експлуатації підземних мереж в умовах інтенсифікації забудов міст та одночасного старіння підземних комунікацій в останні роки внесла суттєві корективи у вибір системи протипросадних заходів в зв'язку з проявом нового - гідротермального фактора впливу, який навіть в умовно непросадних лесових масивах провокує небезпечні деформаційні процеси.

В зв'язку з цим розвиток наукових основ деформування просадних лесових масивів під дією температурного фактора є **актуальною науково-технічною проблемою**.

Сучасний стан питання. До недавнього часу в будівництві процес замочування лесових ґрунтів розглядався без урахування температури води.

За останнє десятиріччя в літературі почали відмічатися випадки підвищення очікуваних просідань внаслідок впливу температурного чинника. Так, науковці з Алтайського державного технічного університету [1] в своїх роботах відмічають збільшення в м.Барнаулі випадків деформацій основ будинків 20-30-річного віку, які, як раніше вважалося, за довгі роки експлуатації стоять вже на непросадних лесових ґрунтах. Однак внаслідок аварій тепломереж споруди отримали просідання до 0,5 м. Встановлено, що особливу небезпеку являють собою теплотраси діаметром 500-1000 мм.

Основні джерела тепловиділення, які сприяють розвиткові деформаційного процесу, можна умовно поділити на 2 типи: замочування просадного ґрунту витокми води з підвищеною температурою та нагрівання ґрунтових вод через процес теплопередачі від тепловиділяючих об'єктів з подальшим впливом нагрітої ґрунтової води на лесовий масив.

Утворення теплових полів у лесових масивах відноситься до небезпечних геологічних процесів на території великих міст, що викликають зміни складу, стану, структури і властивостей просадних ґрунтів.

Метою роботи є встановлення закономірностей збільшення посадних процесів в лесових ґрунтах в умовах гідротермального впливу.

Викладення основного матеріалу. Лесові просадні ґрунти утворені як осадкові породи в результаті вивітрювання різних гірських порід. Саме цим пояснюється особливість будови лесових порід – міцність частинок, з яких складається лесовий ґрунт, набагато вища від міцності зв'язуючого цементуючого матеріалу між цими частинками.

Розчинення солей, що знаходяться у складі цементуючих речовин лесових порід, найбільш характерне для карбонатних, сульфатних, хлоридних і калієвих сполук. Основними умовами розчинення цих сполук є зволоження водою, особливо водою з високою температурою (рис.1).

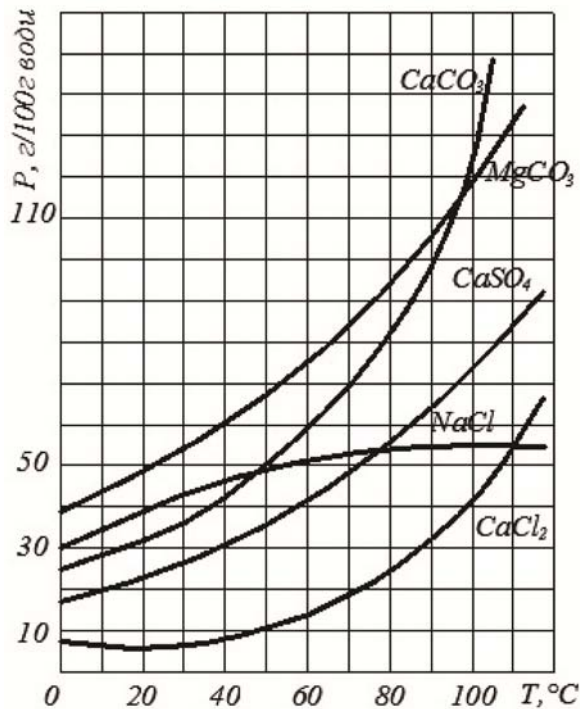


Рис.1. Розчинність деяких складових лесового ґрунту з підвищенням температури води.

дібності в лабораторних та польових умовах. Необхідно враховувати, що хімічно взаємодіючи в процесі фільтрації з гірськими породами, вода змінює свій склад і формує той чи інший геохімічний тип.

Проведено експерименти з прогнозування розчинності сульфатної породи (ангідриду) в лабораторних умовах шляхом прискорення розчинення за допомогою сильного кислотного каталізатора H_2SO_4 і соляного каталізатора $NaCl$ при температурі водного розчину $20^{\circ}C$ і з підігріванням до температури $50^{\circ}C$ розчину (рис.2,3).

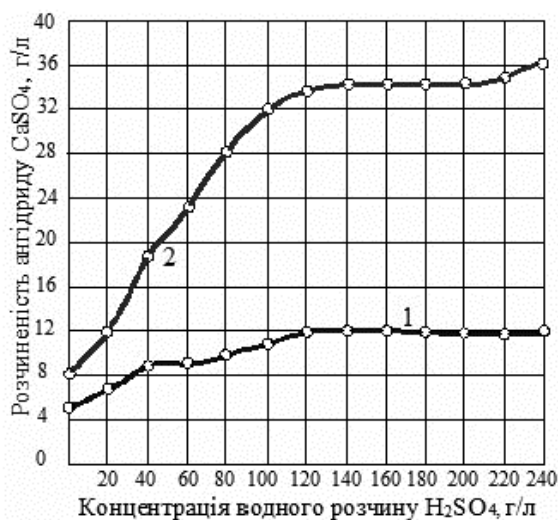


Рис.2. Залежність розчинності від концентрації H_2SO_4 при температурах $20^{\circ}C$ (1) і $50^{\circ}C$ (2).

Присутність у воді певної концентрації швидкорозчинних солей: $NaCl$, KCl , $CaCl_2$, $MgCl_2$, сильних кислот: соляної кислоти HCl , сірчаної кислоти H_2SO_4 , лугів: $NaOH$, SO_3 , CO_2 , PO_3 та ін. прискорює розчинність цементуючих речовин, що перебувають у складі лесових порід. Присутність у водному розчині $NaCl$, $NaCO_3$, $CaCl_2$ прискорює розчинення карбонатних, сульфатних і слюдяних мінералів, що знаходяться у складі лесових порід.

Сильні кислоти HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 , потрапляючи в лесові породи, руйнують цементуючі речовини, що призводить до прискорених просадних деформацій.

Визначення швидкості розчинення солей у складі гірських порід є складною проблемою, оскільки розчинення в основному починається на великій глибині масиву і вихідні параметри процесу невідомі. Значення коефіцієнта швидкості розчинення можна визначити експериментальним шляхом з використанням теорії по-

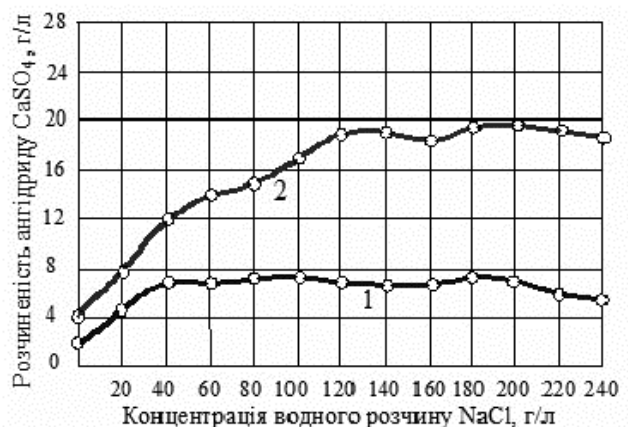


Рис.3. Залежність розчинності ангідриду від концентрації $NaCl$ при температурі водного розчину $20^{\circ}C$ (1) і $50^{\circ}C$ (2).

З рис.2,3 бачимо, що збільшення температури до 50°C в 2,8...4 рази збільшує розчинність сульфатних гірських порід, що є характерною ознакою розчинення цементуючих речовин з гіпсу, які присутні у складі лесових ґрунтів.

У природних умовах лесовий ґрунт являє собою трифазну дисперсну систему, що складається з твердої, рідкої і газоподібної фаз. Закономірності руху води в трифазній системі ґрунту описуються рівнянням, аналогічним класичному рівнянню Дарсі, яке відрізняється від останнього тим, що коефіцієнт фільтрації k_f замінюється поняттям коефіцієнта вологопровідності ґрунту k_w , величина якого суттєво залежить від вологості W ґрунту.

Коефіцієнт фільтрації, а отже, і коефіцієнт вологопровідності, залежать від зміни динамічної в'язкості води. Зі збільшенням температури води її динамічна в'язкість зменшується (рис. 4).

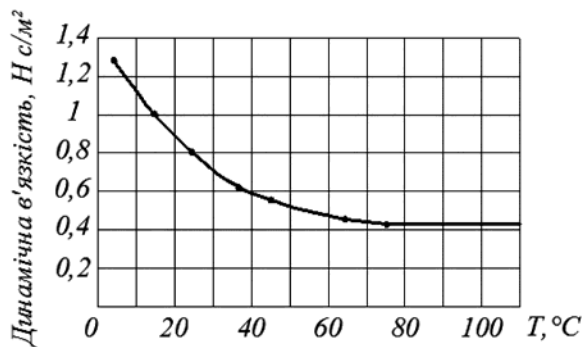


Рис.4. Зміна динамічної в'язкості від температури води.

води для замочування θ_T в межах $20^{\circ}\dots 80^{\circ}\text{C}$, який визначається за формулою:

$$Q_T = \frac{k_w^{T_{cp}}}{k_w^{20^{\circ}\text{C}_{cp}}}$$

При замочуванні лесового масиву аварійними витокami гарячої води та неповному водонасиченні, слід говорити про зміну вологопровідності масиву [2].

Дослідження впливу температури води для замочування на зміну коефіцієнта вологопровідності лесових ґрунтів проводились на зразках лесового просадного ґрунту II типу. В табл. 1 наведено усереднений коефіцієнт вологопровідності та показник зміни вологопровідності в залежності від температури

Таблиця 1 – Залежність коефіцієнта вологопровідності від температури води для замочування

№ зразків	Коефіцієнт вологопровідності k_w^T , м/добу			
	$T = 20^{\circ}\text{C}$	$T = 40^{\circ}\text{C}$	$T = 60^{\circ}\text{C}$	$T = 80^{\circ}\text{C}$
1	1,86	2,85	3,22	3,86
2	1,94	2,76	3,56	3,78
3	2,06	2,90	3,86	3,76
4	2,03	2,92	3,68	3,62
5	1,98	2,95	3,32	3,84
Середнє значення коефіцієнта вологопровідності, м/добу				
$k_w^{T_{cp}}$, м/добу	1,97	2,88	3,53	3,77
Показник впливу температури води на коефіцієнт вологопровідності				
θ_T	1,0	1,46	1,79	1,91

Як видно з отриманих даних, температура суттєво впливає на вологопровідність просадного ґрунту, при цьому залежність $k_w^{T_{cp}}$ виположується практично при $T = 80^\circ\text{C}$, досягаючи значення близько 3,77 м/добу, що більше ніж втричі перевищує величину $k_w^{T_{cp}}$ для нормальних умов

$$k_w^T = k_w^{20^\circ\text{C}} \cdot \theta_T = k_w^{20^\circ\text{C}} \cdot (-0,000001667T^3 + 0,000037T^2 + 0,0254T + 0,49).$$

Вплив температури води замочування на просадну вологість ґрунту. Початкова вологість просідання W_{np} – це вологість, при якій просадні лесові ґрунти, що знаходяться в напруженому стані від зовнішнього навантаження фундаментів або власної ваги ґрунту, починають проявляти просадні властивості.

За критерій при визначенні величини початкової просадної вологості в лабораторних умовах приймається відносне просідання $\delta_{np} = 0,01$. Методика визначення початкової просадної вологості в лабораторних умовах ґрунтується на компресійних випробуваннях ґрунту. Лабораторні дослідження проводилися в лесовому суглинку II типу просадності. Для побутового тиску приймалося значення $P_{поб.} = 0,05$ МПа, яке відповідає тискові від власної ваги даного ґрунту по висоті і дорівнює початковому тискові просідання.

Результати проведених досліджень про вплив температури замочувальної води на значення початкової просадної вологості наведено на рис. 5.

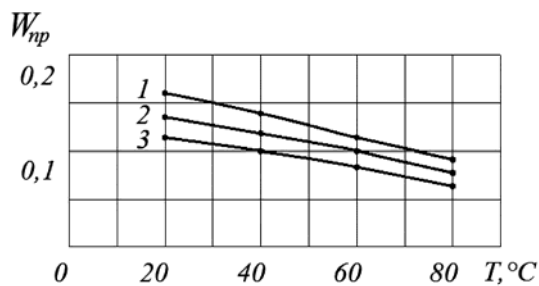


Рис.5. Зміна початкової просадної вологості в залежності від температури замочувальної води: 1, 2, 3 – серії зразків.

набуває значення W_{np} і більш інтенсивно, ніж при замочуванні його холодною водою.

Причина цього явища полягає в тому, що при замочуванні водою з підвищеною температурою швидше відбувається процес розчинення солей та породотвірних мінералів у скелеті лесового ґрунту, і пластичні деформації починаються раніше, ніж тоді, коли вологість дорівнюватиме максимальній молекулярній вологості ґрунту.

Результати експериментальних досліджень деформацій лесового ґрунту (S) при зміні вологості W_{np}^T з урахуванням впливу температури води для замочування, які були проведені в лесових суглинках II типу просадності на об'єктах м.Києва, представлено на рис.6 [2].

Для України інтервал, в якому знаходиться вологість лесового ґрунту при деформаціях просідання, складає від 11% до 26%. При вологості приблизно 26% процес просідання починає стабілізуватися.

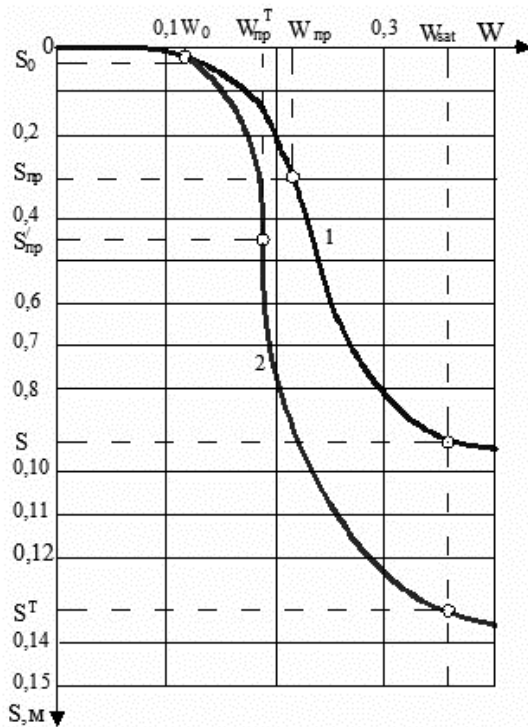


Рис.6. Вплив вологості W на деформацію лесового ґрунту:
1 – при $T = 20$ °C; 2 – при $T = 60$ °C.

збільшення проявів просідання лесового ґрунту при замочуванні його водою з підвищеною температурою є прискорення розчинності солей та цементуючих речовин в складі лесових ґрунтів, поглиблення замочування і проникнення води в ті шари ґрунту, які не були ущільнені. При аналізі техногенного впливу теплового фактора на просадні лесові ґрунти необхідно враховувати коефіцієнт збільшення вологопровідності θ_T шляхом поєднання експериментальних результатів з математичним моделюванням інфільтраційних та деформаційних процесів в просадних масивах.

Список використаної літератури

1. Быкова Е.В. Деформации лессовых просадочных грунтов при замачивании холодной и горячей водой / Е.В. Быкова, А.А. Соболев, Г.И. Швецов // Научное творчество студентов и сотрудников: 61-я науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и профессорско-преподават. состава. – Барнаул, 2003. – Ч.13: Строит.-технол. фак-т. – С.126.
2. Зуевська Н.В. Вплив води з підвищеною температурою на інфільтраційні процеси при замочуванні лесових ґрунтів / Н.В.Зуевська // Вісник НТУУ „КПІ”. Серія „Гірництво”. – 2011. – Вип. 20. – С. 17 - 20.

Надійшла до редколегії 30.11.2012

Н.В. Зуевская

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОСАДКИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ С УЧЕТОМ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ФАКТОРА

Рассматриваются причины интенсификации просадочных процессов в лессовых грунтах при замачивании их водой повышенной температуры.

Ключевые слова: просадочный грунт, температура воды для замачивания, влагопроводность, глубина замачивания.

N.V. Zuievskia

National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute”

INTENSIFICATION PROCESSES OF SETTLING IN LOESSIAL SOILS WITH PRESENT OF HYDROTHERMAL FACTOR

In the article reasons are examined intensification processes of settling in loessial soils at a soakage by their water with enhanceable temperature.

Key words: settling soils, temperature of water for a moistening, moisture conduction, deep of moistening.