

Великодний Ю.Й., к.т.н., професор
Скрипник В.Л., інженер
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБУДОВИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ СТАРОДАВНІХ ПОСЕЛЕНЬ

Розглянуто особливості зведення та експлуатації будівель і споруд на територіях стародавніх поселень України, характерних наявністю підземних ходів. Показано, що в Україні підземні ходи влаштовувалися переважно на територіях розповсюдження лесових порід. Установлено техногенні інженерно-геологічні особливості, які проявляються у межах таких територій, а саме: складності виявлення наявності ходів при інженерних вишукуваннях, послаблення товщі ґрунтів над ходом у часі, руйнування стінок ходів у результаті техногенного підтоплення територій міст і промислових зон, розвиток суфозії у завалених пухким ґрунтом підземних ходах унаслідок руху підземних вод, що є причиною додаткових осідань ґрунту. Сформульовано спеціальні заходи забезпечення надійного зведення та тривалої експлуатації будівель і споруд в умовах розповсюдження підземних ходів, серед яких слід відзначити влаштування ґрунтоцементної протифільтраційної завіси, що перетинає підземний хід.

Ключові слова: стародавні поселення, підземні ходи, лесові породи, провалля, псевдокарст, суфозія, ґрунтоцемент, бурозмішувальна технологія.

Великодний Ю.И., к.т.н., профессор
Скрипник В.Л., инженер
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ОСОБЕННОСТИ ЗАСТРОЙКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ ДРЕВНИХ ПОСЕЛЕНИЙ

Рассмотрены особенности возведения и эксплуатации зданий и сооружений на территориях древних поселений Украины, характерных наличием подземных ходов. Показано, что в Украине подземные ходы устраивались преимущественно на территориях распространения лесовых пород. Установлены техногенные инженерно-геологические особенности, которые проявляются в пределах таких территорий, в частности: сложности выявления наличия ходов при инженерных изысканиях, ослабление толщи ґрунтов над ходом во времени, разрушение стенок ходов в результате техногенного подтопления территорий городов и промышленных зон, развитие суффозии в заваленных рыхлым ґрунтом подземных ходах вследствие движения подземных вод, что является причиной дополнительных осадок оснований. Сформулированы специальные меры обеспечения надежного возведения и длительной эксплуатации зданий и сооружений в условиях распространения подземных ходов, среди которых следует отметить устройство ґрунтоцементной противофильтрационной завесы, которая пересекает подземный хід.

Ключевые слова: древние поселения, подземные ходы, лесовые породы, провал, псевдокарст, суфозия, ґрунтоцемент, буромесительная технология.

PARTICULARITIES OF HOUSING AND EXPLOITATION OF TERRITORIES OF ANCIENT SETTLEMENTS

This article deals with particularities of erection and exploitation of buildings and structures in the territories of ancient Ukrainian settlements. Ancient settlements include territories of fortifications for there were fortifications aplenty in territory that was a part of Kyiv Rus. These settlements feature underground tunnels. The tunnels were made in order to protect Slavic people and their belongings from hostile raids. Archeologists have proved the existence of underground tunnels in Kyiv, Chernigiv, Sumy regions.

Lots of these kinds of tunnels were in the city of Poltava. The tunnels were stretched from one church to another and all of them were connected. On author's opinion people built underground tunnels even earlier then houses for protection and storing supplies.

It is shown that underground tunnels were performed by people mainly in the territory where loess rocks were widely spread. Poltava loess plateau consists of layers of loess loam close to the ground surface. This soil was widely used by Ukrainians as a construction material for buildings and structures. For its mining people dug out vertical shafts and then performed horizontal tunnels in the layers of loess loam. Structural features of loess loam contributed to maintaining vertical position of tunnels walls. This features enabled this tunnels for further use as household rooms or warehouses.

Techno genic engineering-geology processes acting in such kind of territories were determined. As time passed underground tunnels lost its significance for people and its location was forgotten about. As a result of different circumstances these tunnels collapsed and were filled with different soils, including anthropogenic. Now those tunnels remind of themselves by collapsing of daylight surface and critical deformations of structures located above. This article addresses the problem of complications of construction caused by underground tunnels. Following goals were set: techno genic engineering-geology phenomenon of described types of territory was investigated; special measures for safely erection and long-term exploitation of buildings and structures in theses territories were introduced.

Constant investigations of engineering geology features of described territories were performed. Monitoring of buildings and structures were conducted.

This investigation led authors to following conclusions:

- small size of underground tunnel significantly complicate the process of its discovering;*
- for the moment local construction enterprises lack of necessary equipment for detection of these tunnels;*
- during surveying it is necessary to find and use historic maps of local area, interview aged inhabitants, research relief;*
- long term existence of tunnel leads to collapsing of its walls independently from groundwater putting at risk all superstructure;*
- earlier discovered tunnels filled with soil of low density are subjected to conduct underground water causing additional deformation for superstructure;*
- modern anthropogenic under flooding leads to complete destruction of tunnels.*

Keywords: *ancient settlements, underground tunnels, loess rocks, hole, pseudokarst, suffusion, soil-cement, deep soil mixing technology.*

Вступ. До стародавніх поселень, як правило, прийнято відносити території міст та містечок, в яких були укріплення у вигляді фортець. Таких міст-фортець було чимало на території, котра в давнину входила до складу Київської Русі. Для захисту від набігів, зберігання майна слов'янські племена утворювали підземні виробки, часто у вигляді підземних ходів (рис.1).



Рисунок 1 – Загальний вигляд підземного ходу

Археологічними дослідженнями доведено існування підземних ходів на Київщині, в Чернігові, Сумській області тощо [1].

Багато таких було і в Полтавському краї. Добре збереглися рештки підземних ходів у колишньому сотенному, потім волосному містечку Великі Будища (нині село Диканського району), яке свого часу було навіть значно більшим від Полтави. У давнину Великі Будища теж були однією з приворсклянських фортець, що мала своєю складовою частиною підземні ходи. Входи у підземелля починалися під церквами, таких у містечку було шість, і всі вони були сполучені між собою. Сліди цих підземель ведуть свій початок ще з XI – XII століть. Підземні ходи були і в старовинному центрі гончарства, у відомому місті-фортеці Опішня, яке згадується в літописах XII ст. У місті Зіньків, заснованому запорізьким козаком Зіньковим, у межах збудованої дерев'яної фортеці для захисту від набігів татар були вириті підземні ходи, які слугували для зберігання майна, харчів, зброї тощо [1 – 4].

Полтавське плато з поверхні землі складено нашаруванням лесових порід, котрі з давнини широко використовувалися як будівельний матеріал при зведенні різного роду будинків та споруд. Для їх видобування викопували вертикальні стовбури, а далі у шарах лесових ґрунтів утворювали горизонтальні виробки, з яких виносили на поверхню необхідний матеріал. Структурні особливості лесових ґрунтів, а саме їх висока пористість і вертикальне відокремлювання, сприяли утриманню вертикальних стінок цих виробок, провітрюванню та підтримці сухого повітря з постійною температурою. Такі особливі властивості лесових порід дозволяли використовувати горизонтальні виробки для житла, як господарчі приміщення для зберігання продуктів харчування та переховування мешканців від ворогів. На розташування підземних ходів впливали геологічні умови (рис. 2).

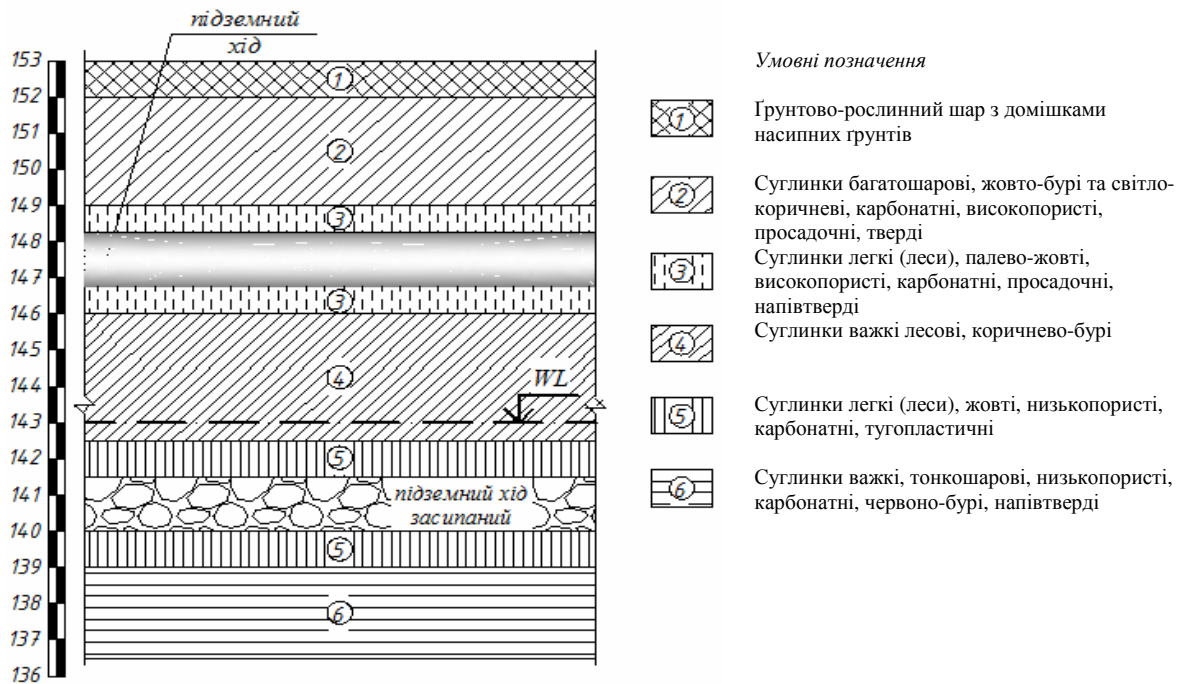


Рисунок 2 – Фрагмент інженерно-геологічної будови Полтавського лесового плато

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. У роботах [1, 4] наведено відомості про численні підземні виробки під нашим містом. Однак вказані джерела не дають рекомендацій щодо подолання негативних явищ, викликаних цими виробками. У роботі [5] описаний негативний вплив на сучасну забудову підземних ходів та проаналізовано шляхи його подолання.

Виділення не розв’язаних раніше частин загальної проблеми. Із часом підземні ходи втратили своє призначення, частково обвалилися, були заповнені різними ґрунтами, а місця їх розташування забуті. Сьогодні підземні ходи нагадують про себе проваллями денної поверхні, критичними деформаціями конструкцій будівель і споруд, розташованих над ними. Усі розглянуті явища, пов’язані з наявністю підземних ходів у межах територій старовинної забудови, ускладнюють будівництво й експлуатацію будівель і споруд в її межах. На сьогодні мало дослідженими залишаються геологічні явища в межах старовинної забудови. Конкретні заходи попередження негативного впливу підземних виробок досі не розроблені.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є забезпечення умов будівництва і подальшої експлуатації будівель та споруд на подібних територіях. Для реалізації цієї мети необхідно розв’язати такі завдання: дослідити техногенні інженерно-геологічні явища, які виникають на територіях старовинної забудови, і на цій основі розробити заходи щодо забезпечення умов безаварійного будівництва й експлуатації будівель та споруд у таких умовах.

Основний матеріал і результати. Для розв’язання поставлених завдань використаний експериментальний метод, який полягає у безпосередньому дослідженні інженерно-геологічних умов старовинної забудови й спостереженні за деформаціями поверхні території та станом будівель і споруд у її межах. Теоретичний метод використовувався для прогнозування напружено-деформованого стану системи «будівля – основа території старовинної забудови».

Наявність підземних ходів у межах територій старовинної забудови, які розташовані переважно на глибинах 4 – 9 м, є причиною виникнення таких техногенних інженерно-геологічних явищ:

– невеликі розміри перерізів ходів значно ускладнюють їх визначення у межах майданчиків будівництва в процесі інженерно-геологічної розвідки за допомогою буріння і зондування; на сьогодні у вишукувальних підприємств відсутні надійні локаційні методи визначення положення підземних ходів – тому при проведенні вишукувань на територіях, де наявні підземні ходи, слід користуватися картами їх розповсюдження, результатами вивчення рельєфу ділянки забудови, стану будівель і споруд, методом опитування старожилів тощо;

– тривале існування підземних ходів, навіть без наявності підземних вод, призводить до поступового руйнування їх стінок, що спричиняє послаблення і навіть руйнування структури шарів ґрунту (обвалювання стінок та стелі, хід заповнюється пухким ґрунтом), які залягають вище, – це явище призводить до підвищення стисливості всієї товщі основи будівель і споруд та, як наслідок, порушення умов нормальної експлуатації будівель і споруд, до їх руйнування;

– сучасний техногенний інженерно-геологічний процес підтоплення територій міст призводить до повного руйнування підземних ходів унаслідок розчинення лесових порід, при цьому простір підземних ходів заповнюється текучим ґрунтом, що класифікується як слабкий;

– у підземні ходи, які вже завалені пухким ґрунтом, з певних причин (виникнення верховодки або витікання з водонесучих колекторів тощо) надходять текучі води; за відповідних умов ці води починають рухатися підземними ходами і суфозійно вимивають пухкий ґрунт, унаслідок чого розвиваються додаткові деформації у будівель, котрі певний час перебували у стабілізованому стані.

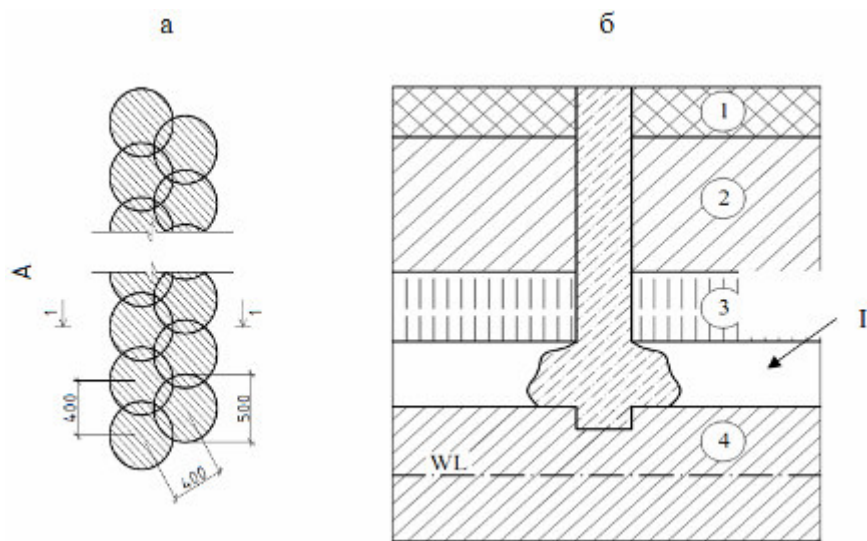
Процеси, які проходять у підземних ходах під час руху в них тимчасових вод, можна порівняти з карстовими утвореннями, так званий псевдокарст. На території старовинного міста у Полтаві спостерігалися провалля денної поверхні на подвір'ях краєзнавчого музею, будинків по вулицях Кричевського, Конституційної тощо. Про вплив підземних ходів на стан будинків свідчать тріщини у стінах краєзнавчого музею, які періодично розвиваються навіть після ремонтів [3].

Механізм руйнування основи фундаментів, розташованих на засипаному підземному ході, полягає у тому, що атмосферні й паводкові води крізь ґрунти зони аерації інфільтруються до ґрунтових вод. Коли на шляху інфільтрації води зустрічається пухкий ґрунт порушеної структури підземного ходу, відкривається можливість воді рухатися у горизонтальному напрямку, тому що проникність цього ґрунту більша, ніж ґрунту природного складу. Створюється тимчасовий горизонтальний потік підземних вод, який розповсюджується в насипних ґрунтах підземних ходів.

Кількість води у потоці залежить від багатьох факторів. Важливим джерелом поповнення такого потоку, крім атмосферних, є також техногенні води. Це витікання води із систем водопроводу, каналізації, тепломереж тощо. Коли вода проходить крізь насипний ґрунт, вона зволожує і суфозійно його руйнує. Ґрунт руйнується тому, що лесові ґрунти мають водорозчинні зв'язки між твердими частинками. У результаті ці зв'язки руйнуються, ґрунт розпадається на переважно пилюваті частинки, які виносяться водою з-під фундаменту будівлі. Це явище викликає додаткові осідання фундаментів, розташованих у таких умовах.

Припинити рух атмосферних та техногенних вод й уникнути подальшого зволоження і суфозійного руйнування насипних ґрунтів можна шляхом тампонажу підземних порожнин ґрунтоцементом за бурозмішувальним методом. Він полягає у тому, що за допомогою бурової машини спеціальним долотом ґрунт розпушується по глибині у межах циліндра діаметром, який дорівнює діаметру долота. Паралельно у розпушений ґрунт подається цементне молоко, яке перемішується з ґрунтом до

утворення однорідної текучої суміші. Коли основа не має розпушень і порожнин, на виготовлення ґрунтоцементного стовбура витрачається проектна кількість цементного молока і в процесі тужавіння утворюється міцний водонепроникний стовбур. Збільшення витрат цементного молока свідчить про наявність пухкого ґрунту. Коли ж зустрічається порожнина, текуча ґрунтоцементна суміш витікає зі свердловини, і це слугує індикатором прийняття заходів щодо її заповнення. Якщо ґрунтоцементні стовбури розмістити у шаховому порядку, таким чином, щоб вони перекривали один одного, можна утворити протифільтраційну завісу. Перевагою цього методу є можливість визначення розташування підземних порожнин за об'ємом витрат цементної суспензії [5]. Схему такої завіси, влаштованої для захисту будівлі краєзнавчого музею в Полтаві від текучих вод котловану новобудови, наведено на рис.3.



**Рисунок 3 – Схема розташування ґрунтоцементної протифільтраційної завіси у підземному ході:
а – ґрунтоцементна завіса у плані;
б – ґрунтоцементна завіса у розрізі;
1-4 – нашарування ґрунтів; I – підземний хід**

У критичному стані знаходяться практично всі будівлі по вул. Жовтневій від вул. Комсомольської до Білої альтанки. Спостерігалися провали денної поверхні та руйнування будинків по вул. Паризької комуни. Такі приклади можна навести і в інших містах та поселеннях Полтавщини (Лубни, Гадяч, Хорол тощо). Обстеження цих будівель і споруд та інженерно-геологічні дослідження показали, що основною причиною їх деформацій і руйнування є наявність підземних виробок в основі фундаментів. Була встановлена циклічність швидкості розкриття тріщини у стінах, яка була пов'язана з інтенсивністю й кількістю атмосферних опадів та поривів водонесучих мереж.

На територіях стародавніх поселень у процесі нового будівництва запропоновано такі заходи:

- прорізання підземних виробок фундаментами глибокого закладення;
- закріплення ґрунтів у підземних виробках;
- конструктивні заходи з посилення існуючих споруд та проектування конструкцій нових споруд такими, щоб могли сприймати нерівномірні деформації;
- водозахисні заходи;
- заповнення підземних порожнин.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Археологічними дослідженнями встановлено, що на територіях стародавніх поселень центрального району України, які розташовані переважно у межах розповсюдження лесових ґрунтів, на глибинах 4 – 9 м зустрічаються численні підземні виробки у вигляді підземних ходів. Ходи мають давню історію, яка налічує тисячоліття. У сучасний історичний період, коли суттєво зросли навантаження на основу від будівель і споруд, а міста потерпають від підтоплення техногенними водами, простежується пошкодження існуючої забудови внаслідок руйнування підземних ходів.

2. Дослідженнями територій стародавніх поселень установлені такі техногенні інженерно-геологічні явища, які слід урахувати при будівництві та експлуатації будівель і споруд:

– у процесі традиційних інженерно-геологічних вишукувань складно встановити положення підземних ходів, тому необхідно розробляти і використовувати додаткові методи визначення їх положення;

– з плином часу підземні ходи руйнуються навіть без присутності води, їх простір заповнюється пухким ґрунтом, унаслідок чого збільшується стисливість усієї ґрунтової товщі у місцях розташування ходів, – це явище є основною причиною відмов конструкцій будівель і споруд;

– підтоплення сучасних міст техногенними водами призводить до швидкого розчинення лесових ґрунтів, у результаті простір ходів заповнюється текучим ґрунтом, що суттєво послаблює основу будівель і споруд;

– найбільше потерпають будівлі і споруди від умов, коли у засипані підземні ходи надходять текучі паводкові або техногенні води; звичайно вони спрямовуються за пухким ґрунтом підземних ходів, ґрунт суфозійно руйнується і виноситься водою з-під будівлі, внаслідок чого виникають значні деформації основи, навіть до утворення провалів.

Література

1. *Полтавські підземелля* / В. Є. Бучневич, О. В. Коваленко, О. Б. Супруненко, В. О. Мокляк // Джерела з історії Полтавщини. – Полтава: Археологія, 1999. – Вип.1. – 16 с.
2. *Жук В. Н. Сторінки про підземелля Полтави та інших давніх міст-фортець Полтавщини* / В. Н. Жук // *Наш рідний край*. – Полтава, 1991. – Вип. 11. – С. 25 – 34.
3. *Вплив підземних споруд на деформування будівлі Полтавського краєзнавчого музею* / С. В. Біда, Ю. Й. Великодний, М. Л. Зоценко, В. А. Титаренко, А. М. Ягольник, А. Ю. Пащенко // *Бетон и железобетон в Украине*. – 2010. – №2. – С. 32 – 37.
4. *Пуголовков Ю. О. Дослідження Полтавської фортеці: старе місто* / Ю. О. Пуголовков, Є. С. Калачник. – Київ – Полтава: Друкарня «Гротекс», 2009. – 132 с.
5. *Зоценко М. Л. Досвід і перспективи підсилення основ вертикальними ґрунтоцементними елементами у міському будівництві* / М. Л. Зоценко, Ж. М. Бовкун, В. І. Маляренко // *Бетон и железобетон в Украине*. – 2006. – №6. – С. 24 – 28.

© Великодний Ю.Й., Скрипник В.Л.
Надійшла до редакції 03.12.2015