

## ТИПІЗАЦІЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ ЛЬВОВА – ОСНОВА ПРОГНОЗУВАННЯ СТІЙКОСТІ ПАМ'ЯТОК АРХІТЕКТУРИ

**Петро Волошин, Надія Кремінь**

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005  
e-mail: petro.woloshyn@gmail.com; nadya710@gmail.com*

У статті охарактеризовано інженерно-геологічні умови, здійснено інженерно-геологічну типізацію центральної частини міста Львова.

Центральна частина міста Львова – це музей архітектури під відкритим небом, що входить до переліку об'єктів унесеної спадщини ЮНЕСКО. Проте понад 70% розташованих тут будівель і споруд, що мають історичну цінність, характеризуються різним ступенем ушкодження, а окремі з них зазнали повного руйнування.

Геологічне середовище є основою підвалів архітектурних пам'яток. Зміна стану й властивостей геологічного середовища в часі під впливом природних і техногенних чинників призводить до деформації будівель і часто повного їх руйнування. У сфері впливу історико-архітектурних пам'яток залягає строкатий за літологічним складом і властивостями комплекс ґрунтів, який містить техногенні відклади (культурний шар), відклади четвертинної системи, неогену та верхньої крейди.

Ґрунтовий масив, що є підґрунтям фундаментів, складається з порід високої, середньої й низької несучої здатності. Високою несучою здатністю характеризуються мергелі, мергелісти глини, неогенові, четвертинні делювіальні та алювіальні піски. Середню несучу здатність мають заплавні суглинки й делювіальні супіски. До порід із низькою несучою здатністю зараховано «слабкі» алювіально-болотні заторфовані ґрунти, торфи й техногенні накопичення.

Класифікаційними ознаками під час інженерно-геологічної типізації центру Львова є рельєф, будова геологічного розрізу, потужність техногенних і заторфованих ґрунтів, літологічний склад порід, гідрогеологічні умови, сучасні морфодинамічні процеси. Досліджувана територія в структурі геологічного середовища міста Львова розглядається як інженерно-геологічний район Полтвинської улоговини. У її межах виділено два підрайони: днище улоговини та схили.

За будовою геологічного розрізу в межах кожного підрайону виділено ділянки дво-, три-, чотири-, п'яти- й багатошарової будови.

*Ключові слова:* інженерно-геологічні умови, архітектурна пам'ятка, інженерно-геологічна типізація.

Центральна частина міста Львова – це своєрідний музей архітектури під відкритим небом. Завдяки своїй унікальності й неповторності історико-архітектурний центр міста в 1998 р. внесено до списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Цей статус вимагає їх збереження та підтримання в належному стані. Найбільш гострою та актуальною є проблема фізичного збереження пам'яток архітектури в контексті їх взаємозв'язку та взаємодії з компонентами природного середовища.

За нашими даними [1–7] і результатами обстежень, проведених міським управлінням житлово-комунального господарства, понад 70% розташованих тут будівель і споруд,

що мають велику історичну цінність, характеризуються різним ступенем ушкодження, а окремі з них зазнали повного руйнування.

Серед багатьох компонентів природи, що взаємодіють із пам'ятками й тією чи іншою мірою впливають на їхній стан, ключова роль належить геологічному середовищу, яке утворює з ними складну природно-технічну систему. Цей важливий складник довкілля є основою підвалин і середовищем існування пам'яток.

Зміна стану і властивостей геологічного середовища в часі під впливом природних і техногенних чинників часто призводить до деформації будівель, а іноді й повного їх руйнування. Запобігання руйнівним процесам у природно-технічній системі «пам'ятка-геологічне середовище» потребує детального її вивчення.

Мета статті – провести типізацію геологічного середовища історичної забудови Львова.

У сфері впливу історико-архітектурних пам'яток залягає строкатий за літологічним складом і властивостями комплекс ґрунтів, який містить сучасні нагромадження (культурний шар), відклади четвертинної системи, неогену та верхньої крейди.

За віком, генезою показниками складу, стану й фізико-механічними властивостями вони поділені на вісім шарів і зображені на рис. 1, 2.

Нижче наводимо їх розгорнуту характеристику (зверху-вниз).

Техногенні ґрунти суцільним плащем покривають територію історичної частини Львова. Потужність шару змінюється в широких межах – від 2,0–4,0 до 6,0–9,0 м. Відклади цього генетичного типу – це специфічний природно-антропогенний композит, надзвичайно строкатий за складом, будовою, станом і властивостями. Це зумовлено неоднаковими способами формування, різною тривалістю існування, висхідним матеріалом, із якого він утворений, а також потужним антропогенним впливом.

Ґрунти комплексу мають яскраво виражені сенсорні властивості, є дуже чутливими до природних та особливо антропогенних змін умов існування.

За літологічним складом у товщі техногенних ґрунтів виділяють увесь відомий спектр глинистих порід (супіски, суглинки, глини), а також піски й великоуламкові накопичення.

З огляду на специфіку нагромадження техногенних ґрунтів, у їх складі варто виділяти природний та антропогенний складники. Природний складник представлений різними літологічними типами природних ґрунтів: супісками, суглинками, глинами тощо, цілеспрямовано переміщеними людиною. Вони, як правило, утворюють основну масу ґрунту. Антропогенний складник формують різного типу продукти життєдіяльності людини. Це головним чином будівельне (бита цегла, тесаний камінь, штукатурка, уламки бетону, асфальт, стружка, окремі кам'яні й дерев'яні будівельні конструкції) і побутове сміття (кераміка, скло, шкіра, металічні й неметалічні вироби тощо), промислові відходи (зола, шлак, формувальні піски тощо). Майже обов'язковим складником є високий уміст органічної речовини, кількість якої закономірно змінюється з глибиною. Співвідношення між основною масою й антропогенними включеннями змінюються в широких межах. У багатьох випадках особливо в молодих за віком (XIX–XX ст.) накопиченнях кількість антропогенного матеріалу може значно переважати природний, який у такому випадку відіграє роль наповнювача.

За даними виконаних досліджень, а також узагальнення матеріалів інженерно-геологічних досліджень минулих років [1–7], у літологічному складі техногенних ґрунтів переважають суглинки, менше поширені супіски та глини, а великоуламкові й піщані породи виявлені лише на ділянках розташування фортифікаційних споруд (вул. Валова).

Дослідження виявили, що товща техногенних ґрунтів, яка залягає в основі фундаментів, характеризується дуже складною внутрішньою будовою. Окремі шари, які входять

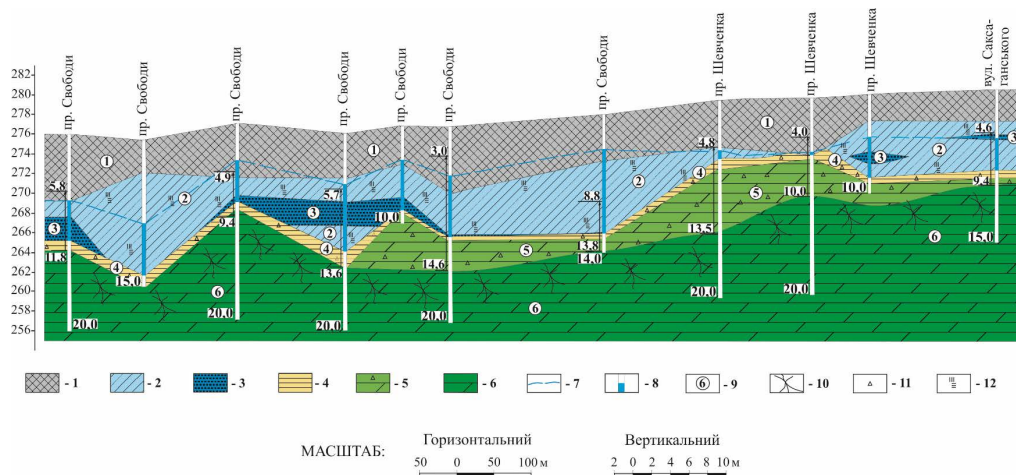


Рис. 1. Інженерно-геологічний розріз за лінією VI–VI

1 – техногенний ґрунт; 2 – супіски, суглинки, глини заторфовані, піски, торф; 3 – суглинки тугопластичні; 4 – піски середньозерністі та дрібні з уламками пісковиків і вапняку; 5 – глини мергелісті напівтверді та тверді; 6 – мергелі тріщинуваті; 7 – дзеркало ґрунтових і техногенних вод; 8 – статичний рівень напірних вод; 9 – номер шару; 10 – тріщинуватість; 11 – уламки мергелю в глинах; 12 – заторфованість

до її складу, мають лінзоподібно-язикувату й дрібношарувату будову. Вони відрізняються кількістю, закономірностями просторового розміщення та якісним складом антропогенних включень.

Природна вологість ґрунтів змінюється від 20% до 120%, уміст органічних речовин коливається від 4–6% до 42%. Вони вміщують велику кількість – від 8,2% до 35% – карбонату кальцію. Щільність природного ґрунту змінюється від 1,31 г/см<sup>3</sup> до 2,01 г/см<sup>3</sup>, а в прошарку «викопного» гною вона становить лише 1,1 г/см<sup>3</sup>.

Модуль деформації не перевищує 2,9 МПа. Кут внутрішнього тертя змінюється від 2 до 4°, питоме зчеплення – 0,003–0,05 МПа.

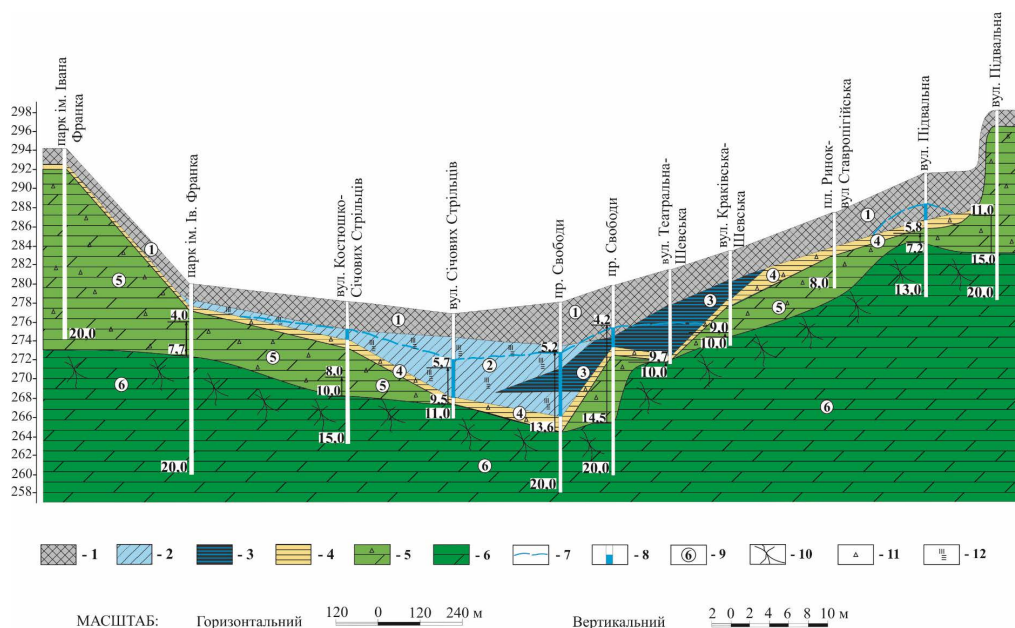
За показниками властивостей, що визначають несучу здатність порід, техногенні накопичення без перебільшення варто зарахувати до категорії слабких ґрунтів. Високий ступінь літологічної неоднорідності, наявність різного розміру порожнин дають змогу розглядати їх як суфозійно не стійкі.

Істотне зволоження ґрунтів цього типу сприяє зменшенню фізико-механічних властивостей, а осушення викликає дегідратаційне осідання.

Алювіально-болотний комплекс відкладів характеризується складною внутрішньою будовою. У його межах виділяється строкатий за літологічним складом і властивостями набір порід. Він містить ґрунти різного ступеня заторфованості, глинисті ґрунти без органіки й піски.

Різні умови формування цих ґрунтів зумовили суттєві відмінності їх складу і властивостей. Найнесприятливішими з погляду використання їх як підґрунтя інженерних об'єктів є заторфовані ґрунти й торфи. Серед заторфованих виділяються глини, суглинки, супіски й піски.

Об'єднання різних номенклатурних видів ґрунтів в один шар зумовлено з одного боку їх спільною ознакою – великим умістом органічних речовин, з іншого – складними



**Рис. 2. Інженерно-геологічний розріз за лінією I–I (умовні позначення див. рис. 1)**

просторовими взаємовідносинами, фаціальним заміщенням, перешаруванням, лінзоподібним заляганням, які проявляються навіть у межах окремих будівель.

Головною особливістю цих ґрунтів є висока природна вологість, низька щільність, надзвичайно велика й нерівномірна стискуваність, а також довготривалість розвитку деформацій. Усі ці особливості характеризують їх як відклади, використання яких як основи споруд супроводжується значним інженерним ризиком.

Найнижчими значеннями інженерно-геологічних параметрів характеризуються торфи. Природна вологість цих ґрунтів змінюється від 92% до 303%, уміст органічних речовин на окремих ділянках досягає 90–99%. Торфи переважно середньорозкладені. Щільність у природному стані коливається від 0,80 г/см<sup>3</sup> до 1,73 г/см<sup>3</sup>.

Кут внутрішнього тертя за різних вертикальних навантажень змінюється від 3 до 7°, питоме зчеплення коливається від 0,036 МПа до 0,072 МПа. Модуль деформації дуже низький. В інтервалі вертикальних навантажень 0,2–0,3 МПа він становить у середньому 0,9 МПа, а за навантажень 0,1–0,2 МПа – 0,19 МПа.

Фізико-механічні властивості заторфованих ґрунтів визначаються головним чином умістом органічних речовин. Літологічний склад при цьому відіграє другорядну роль.

Загальна кількість органіки коливається в досить широких межах від 5% до 50%, але найбільше поширеними є ґрунти з умістом органічних речовин у діапазоні 5–25%. Зі зростанням їх умісту і ступеня розкладання міцнісні й деформативні властивості суттєво зменшуються.

Відклади заплавної алювію представлені оглеєними, озалізненими іноді з домішками органічних решток напівтвердими суглинками.

Природна вологість ґрунтів цього типу змінюється від 0,13 до 0,38. Щільність ґрунту – від 1,27 г/см<sup>3</sup> до 2,06 г/см<sup>3</sup>, коефіцієнт пористості пересічно становить 0,79. Модуль

деформації коливається від 3,0 МПа до 20,0 МПа. Кут внутрішнього тертя й питоме зчеплення пересічно становлять  $20^\circ$  і 0,024 МПа.

За показниками міцнісних і деформаційних характеристик їх можна розглядати як задовільну за якістю основу фундаментів.

Відклади руслового алювію складені різними за гранулометричним складом пісками. В об'ємі цього шару зустрічаються гравіюваті середньозернисті, дрібнозернисті й пилуваті відміни. Найчастіше в розрізі наявні середньозернисті піски, меншою мірою дрібні пилуваті та гравіюваті.

За даними радіоізотопних досліджень, вони мають невисоку вологість і середню щільність, досить високі значення міцнісних і деформаційних властивостей. За цими показниками вони класифікуються як надійна основа будинків і споруд.

Високий ступінь неоднорідності пісків за гранулометричним складом залягання їх на багатьох ділянках у зоні аерації є сприятливими чинниками для розвитку антропогенної механічної суфозії та ущільнення під впливом вібродинамічних навантажень.

Комплекс делювіальних відкладів складений двома номенклатурними типами ґрунтів: супісками й пісками. Супіски лесовидного обліку переважно тверді, нижчі за рівень ґрунтових вод і в місцях техногенного зволоження пластичні.

Природна вологість ґрунтів коливається від 0,09 до 0,23, щільність у природному стані пересічно становить  $1,92 \text{ г/см}^3$ , коефіцієнт пористості – 0,60. Кут внутрішнього тертя й питоме зчеплення та модуль деформації в насиченому водою стані, відповідно, становлять  $32^\circ$ , 0,014 МПа і 28 МПа.

Характерною особливістю цього типу ґрунтів є наявність лінз і прошарків дрібного та пилуватого піску, що надає їм яскраво вираженої шаруватості.

Шар пісків – це здебільшого складно збудована верствувата товща, яка складається з незакономірного перешаровування пилуватих, дрібних і середньозернистих пісків. Крім того, вона містить численні перевірки лесовидних супісків і значну кількість (до 10–25%) великоуламкового матеріалу.

Ці ґрунти характеризуються також низькою вологістю, середньою щільністю, досить високими показниками міцності й деформованості.

Високий ступінь літологічної неоднорідності створює сприятливі умови для розвитку механічної суфозії контактного типу. Але загалом вони є досить надійною основою фундаментів.

Неогеновий комплекс відкладів складений головню дрібнозернистими пісками. За даними гранулометричного аналізу, у його складі переважають частинки  $>0,1 \text{ мм}$ , уміст яких становить у середньому 78%. Вони здебільшого мало вологі. За даними статичного зондування, піски мають переважно середню щільність, рідше щільні.

Коефіцієнт пористості змінюється від 0,65 до 0,70. Їх щільність при природній вологості становить  $1,70 \text{ г/см}^3$ . За показниками механічних властивостей вони є надійною основою більшості споруд.

Водночас залягання піщаної товщі в зоні аерації, наявність у ній прошарків пилуватих і середньозернистих пісків є сприятливими за певних гідрогеологічних умов для інтенсивного розвитку механічної суфозії.

Мергелісті глини є продуктом хімічного звітрювання мергелів. За показниками фізичних і механічних властивостей вони істотно відрізняються від мергелів.

Значний уміст колоїдних частинок спричиняє досить високу природну вологість, яка часто перевищує 30%. Число пластичності змінюється головним чином від 0,10 до 0,42, пересічно становить 0,20. Щільність ґрунту природної вологості змінюється від  $1,70 \text{ г/см}^3$  до  $2,04 \text{ г/см}^3$ , коефіцієнт пористості – від 0,60 до 1,34.

Глини мають тверду, рідше напівтверду консистенцію. Вони характеризуються досить високими значеннями міцнісних і деформативних показників. Зокрема, середнє значення кута внутрішнього тертя становить  $17^\circ$ , питоме зчеплення – 0,074 МПа, модуль деформації – 17 МПа. За цими ознаками мергелисті глини можна розглядати як надійне підґрунтя фундаментів.

Завдяки високій глинистості ці ґрунти практично водонепроникні. У багатьох випадках вони є регіональним водотривким шаром. На ділянках, де глини залягають близько від поверхні, створюються сприятливі умови для розвитку техногенного підтоплення. У районах, де кривля глин має значні нахили, по її поверхні активно розвиваються осуви.

Верхньокрейдіві мергелі – це скельні розм'ягчувані породи змішаного складу пелітоморфної структури. Масивні нетріщинуваті мергелі можна розглядати як практично нестискувані ґрунти в інтервалі навантажень від будівель цивільного й промислового призначення. Але, з огляду на те що у верхній частині вони розбиті густою мережею нічим не наповнених тріщин, властивості мергелів у породному масиві істотно відрізняються від їх значень в окремо взятому зразку. За даними лабораторних досліджень, природна вологість мергелів пересічно становить 0,14, щільність за такої вологості – 2,10 г/см<sup>3</sup>, тимчасовий опір одновісному стисненню в насиченому водою стані – 5,9 МПа. Загалом мергелі є надійною основою інженерних споруд.

Завершуючи розгляд фізико-механічних властивостей ґрунтів, варто зазначити таке:

1. Ґрунтовий масив, що відіграє роль підґрунтя фундаментів, складається з порід високої, середньої й низької несучої здатності.
2. Високою несучою здатністю характеризуються мергелі, мергелисті глини, неогенові, четвертинні делювіальні й алювіальні піски.
3. Середню несучу здатність мають заплавні суглинки та делювіальні супіски.
4. До порід із низькою несучою здатністю зараховано «слабкі» алювіально-болотні заторфовані ґрунти, торфи й техногенні накопичення.

Слабкі ґрунти характеризуються, крім того, здатністю до розвитку процесів тривалої повзучості. Швидкість розвитку деформацій цього типу може істотно зростати під впливом транспортної вібрації. У разі істотного зменшення вологості вони зазнають значного дегідратаційного осідання.

Високий ступінь літологічної неоднорідності техногенних ґрунтів, глинисто-піщаних делювіальних, а також певною мірою піщаних неогенових та алювіальних порід дає змогу зарахувати їх до категорії суфозійно нестійких.

На досліджуваній території виявлено два водоносні горизонти: четвертинний і верхньокрейдівий. Перший від поверхні – водоносний горизонт четвертинних відкладів, який сформувався на водотривкому елювії верхньокрейдівих мергелів. Другим від поверхні є горизонт верхньокрейдівих артезіанських вод, пов'язаних із тріщинуватими мергелями маастрихтського ярусу.

Особливості геологічної будови, складу, фізико-механічних властивостей порід і потужне техногенне навантаження на геологічне середовище сприяють розвитку таких небезпечних і несприятливих геологічних процесів, як механічна суфозія, дегідратаційне осідання поверхні й підтоплення, що суттєво впливають на стійкість будівель і споруд, у тому числі пам'яток архітектури.

Важливим аспектом вивчення геологічного середовища для потреб реставрації є його типізація. Під типізацією геологічного середовища розуміють районування території, яке полягає у виділенні певного об'єму гірськопородного масиву, розміщеного на певному геоморфологічному елементі, що характеризується різними умовами протікання

природних і природно-техногенних процесів і різною здатністю змінюватися під впливом інженерно-господарської діяльності людини.

Важливим моментом під час типізації є вибір чинників, за якими здійснюється поділ геологічного середовища. До таких класифікаційних ознак ми зарахували рельєф, будову геологічного розрізу, потужність техногенних і заторфованих ґрунтів, літологічний склад порід, гідрогеологічні умови та сучасні морфодинамічні процеси.

За певним набором наведених вище характеристик виділено декілька різнорангових інженерно-геологічних таксонів, зокрема район, підрайон, тип ділянки.

Уся досліджувана територія в структурі геологічного середовища м. Львова розглядається як інженерно-геологічний район Полтвинської улоговини (рис. 3).

Морфологічні особливості рельєфу дали змогу виділити в її межах два підрайони, днища улоговини та схилів.

За будовою геологічного розрізу в межах кожного підрайону виділено ділянки дво-, три-, чотири-, п'яти- й багат шарової будови.

Потужність слабких (техногенних і заторфованих) ґрунтів, літологічний склад порід, рівень залягання ґрунтових вод і розвиток небезпечних процесів покладено в основу виділення типів ділянок.

Усього виділено 19 типів інженерно-геологічної будови (рис. 3). Просторовий аналіз виділених типів показує, що на схилах улоговини переважають стійкі до сприйняття навантажень від будівель типи геологічного середовища. Вони характеризуються наявністю в основі фундаментів ґрунтів із високою несучою здатністю (пісків, мергелистих глин, мергелів), як правило, відсутністю ґрунтових вод і незначним розвитком інженерно-геологічних процесів. Значно менші за площею ділянки займає тип відносно сприятливих умов. Вони характеризуються потужною (3–6 м) товщею техногенних (сильно й нерівномірно стискуваних) ґрунтів і проявами техногенної суфозії.

У межах інженерно-геологічного підрайону днища Полтвинської улоговини поширені ділянки з багат шаровою (3–5 і більше шарів ґрунту) будовою, переважанням несприятливих умов, які характеризуються потужною товщею техногенних (3–9 м), заторфованих ґрунтів до 6–8 м, наявністю ґрунтових вод на глибині від 2,0 до 6,0 м, активним розвитком техногенного підтоплення та суфозії. У його межах, крім того, спостерігається досить інтенсивне загальне осідання території.

Цифрами на рисунку 3 позначені типи інженерно-геологічних ділянок із різною будовою розрізу:

днище Полтвинської улоговини (заплавна тераса р. Полтви) Д

а) тришарова будова розрізу  $D_3$

1 –  $D_{3,1}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; мергелисті глини 0,1–1,0 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні;

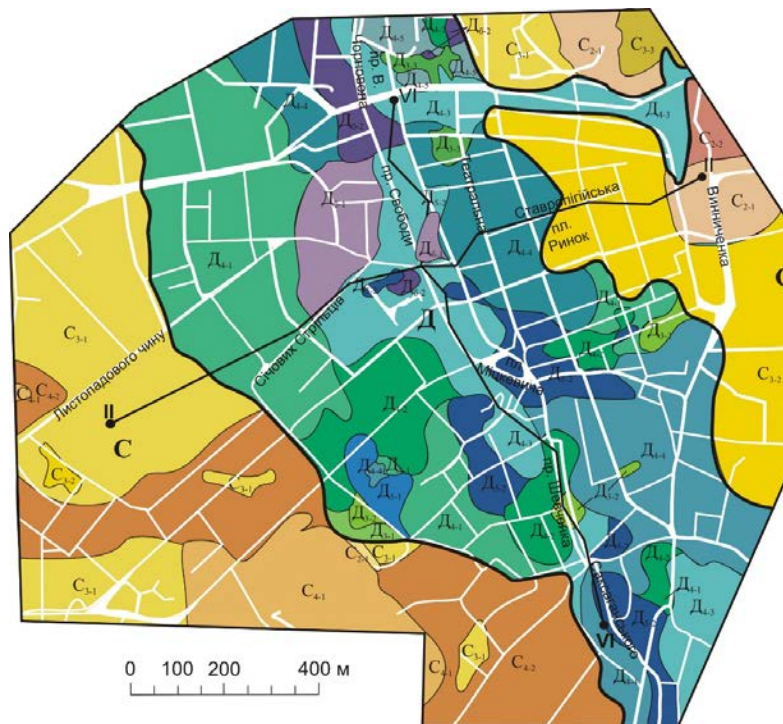
2 –  $D_{3,2}$  – техногенний ґрунт 3,0–6,0 м; мергелисті глини 0,2–1,0 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні. Техногенна суфозія;

3 –  $D_{3,3}$  – техногенний ґрунт 6,0–9,0 м; мергелисті глини 1,0–1,6 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні. Техногенне підтоплення (РТВ – 3,8–4,4 м). Техногенна суфозія;

б) чотиришарова будова розрізу  $D_4$

4 –  $D_{4,1}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; заторфовані супіски, суглинки, глини до 3,0 м; мергелисті глини 0,5–1,0 м; мергелі. РГВ – 3,0–3,5 м, на окремих ділянках ґрунтові води відсутні. Техногенне підтоплення (РТВ 2,5–2,8 м);

5 –  $D_{4,2}$  – Техногенний ґрунт 3,0–6,0 м; заторфовані супіски, суглинки, глини іноді з прошарками торфу до 3,0 м; мергелисті глини 0,5–2,0 м; мергелі. РГВ 4,0–6,0 м. Техногенне підтоплення (РТВ – 2,5–4,0 м). Техногенна суфозія;



**Умовні позначення:**

Типи інженерно-геологічної будови ділянок

**Днище полтвинської улоговини**  
 (заплавна тераса р. Полтва) Д

Трьохшарова будова розрізу Д<sub>3</sub>  
 Д<sub>3,1</sub> - 1    Д<sub>3,2</sub> - 2    Д<sub>3,3</sub> - 3

Чотирьохшарова будова розрізу Д<sub>4</sub>  
 Д<sub>4,1</sub> - 4    Д<sub>4,2</sub> - 5

П'ятишарова будова розрізу Д<sub>5</sub>  
 Д<sub>5,1</sub> - 6    Д<sub>5,2</sub> - 7    Д<sub>5,3</sub> - 8

Багатшарова будова розрізу Д<sub>6</sub>  
 Д<sub>6,1</sub> - 9    Д<sub>6,2</sub> - 10

Д<sub>6,3</sub> - 11    Д<sub>6,4</sub> - 12

**Схили полтвинської улоговини С**

Двошарова будова розрізу С<sub>2</sub>  
 С<sub>2,1</sub> - 13    С<sub>2,2</sub> - 14

Трьохшарова будова розрізу С<sub>3</sub>  
 С<sub>3,1</sub> - 15    С<sub>3,2</sub> - 16    С<sub>3,3</sub> - 17

Чотирьохшарова будова розрізу С<sub>4</sub>  
 С<sub>4,1</sub> - 18    С<sub>4,2</sub> - 19

- лінія розрізу
- межі інженерно-геологічних підрайонів
- межі інженерно-геологічних ділянок
- Д** індекси інженерно-геологічних підрайонів
- Д<sub>і,1</sub> індекси інженерно-геологічних ділянок

**Рис. 3. Картосхема інженерно-геологічної типізації центральної частини м. Львова**

6 – Д<sub>4,3</sub> – техногенний ґрунт 3,0–6,0 м; заторфовані суглинки, супіски, глини з про- шарками торфу 3,0–10,0 м; мергелісті глини 0,5–3,0 м; мергелі. РГВ 3,5–5,0 м. Техногенне підтоплення (РТВ – 3,0–3,5 м). Техногенна суфозія;

7 – Д<sub>4,4</sub> – техногенний ґрунт 3,0–6,0 м; піски дрібні й середньозернисті з про- шарками гравію та гальки з уламками пісковіку й вапняку 0,5–6,5 м; мергелісті глини



0,5–3,0 м; мергелі. РГВ – 5,5–5,8 м, на окремих ділянках ґрунтові води відсутні. Техногенне підтоплення (РТВ 2,5–5,7 м). Техногенна суфозія;

8 –  $D_{4-5}$  – техногенний ґрунт 6,0–9,0 м; піски дрібні й середньозернисті з уламками вапняків із прошарками гравію та гальки 0,5–6,5 м; мергелисті глини 0,5–3,0 м; мергелі. РГВ – 6,0–9,0 м. Локальне техногенне підтоплення (РТВ 4,0–5,2 м). Техногенна суфозія;

в) п'ятишарова будова розрізу  $D_5$

9 –  $D_{5-1}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; піски дрібнозернисті 0,5–2,0 м; супіски, суглинки, глини заторфовані 1,0–2,5 м; мергелисті глини 0,5–3,0 м; мергелі. РГВ 2,5–3,8 м. Техногенна суфозія;

10 –  $D_{5-2}$  – техногенний ґрунт 3,0–8,0 м; заторфовані суглинки, супіски, глини з прошарками торфу 2,0–6,0 м; піски дрібні 1,5–5,0 м; мергелисті глини 0,5–2,0 м; мергелі. РГВ – 4,0–5,5 м. Локальне техногенне підтоплення (РТВ – 3,0–4,5 м). Техногенна суфозія;

г) багатшарова будова розрізу  $D_6$

11 –  $D_{6-1}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; суглинки, супіски, глини заторфовані до 3,0 м; піски дрібні 0,5–3,5 м; суглинки тугопластичні 0,5–4,0 м; мергелисті глини 0,5–2,0 м; мергелі. РГВ – 4,0–4,5 м. Локальне техногенне підтоплення (РТВ –2,0–2,8 м);

12 –  $D_{6-2}$  – техногенний ґрунт 3,0–8,0 м; суглинки, супіски, глини заторфовані 3,0–6,0 м; піски дрібні 0,5–1,5 м; суглинки, супіски, глини заторфовані з прошарками торфу 0,5–5,0 м; піски дрібні 0,5–5,0 м; мергелисті глини 0,5–2,0 м; мергелі. РГВ 4,0–10,0 м. Техногенний дренаж. Техногенна суфозія;

схили Полтвинської улоговини

а) двошарова будова розрізу  $C_2$

13 –  $C_{2-1}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні. Локальне техногенне підтоплення;

14 –  $C_{2-2}$  – техногенний ґрунт 3,0–6,0 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні;

б) тришарова будова розрізу  $C_3$

15 –  $C_{3-1}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; мергелисті глини 1,0–2,0 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні. Локальне техногенне підтоплення. (РТВ – 2,4–3,0 м);

16 –  $C_{3-2}$  – техногенний ґрунт 3,0–6,0 м; мергелисті глини 0,5–4,0 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні. Локальне техногенне підтоплення. (РТВ – 3,0–3,5 м). Техногенна суфозія;

17 –  $C_{3-3}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; піски дрібнозернисті з прошарками пісковику й вапняку 2,0–7,0 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні. Техногенна суфозія;

в) чотиришарова будова розрізу  $C_4$

18 –  $C_{4-1}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; піски дрібнозернисті з прошарками пісковику й вапняку 5,0–10,0 м; мергелиста глина 0,5–2,0 м; мергелі. Ґрунтові води відсутні;

19 –  $C_{4-2}$  – техногенний ґрунт до 3,0 м; лесовидні супіски з прошарками піску й піски з прошаками супіску з уламками пісковику 0,5–12,0 м; мергелисті глини 0,5–2,0 м; мергелі. Ґрунтові води на глибині 2,4–10 м. Техногенна суфозія.

Провідну роль у формуванні дефіциту підтримкової здатності підвалів пам'яток архітектури історичної забудови Львова відіграють ґрунти культурного шару й алювіально-болотні накопичення. Вони характеризуються низькою міцністю й високою деформативністю, схильні до розвитку процесів консолідації та об'ємної повзучості, істотного ущільнення в разі зневоднення.

Отже, аналіз просторового положення аварійних будівель тісно корелює з виділеними типами геологічного середовища. Зокрема, найбільша їх кількість приурочена до ділянок, де в геологічному розрізі наявні ґрунти із сенсорними властивостями, близьким

від поверхні заляганням ґрунтових вод і розвитком небезпечних геологічних процесів. Це дає можливість регулювати інтенсивність антропогенного навантаження та застосовувати методи підсилення підвалин, які відповідають типу геологічного середовища.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волошин П., Андрейчук Ю., Кремінь Н. Антропогенні зміни рельєфу центральної частини міста Львова. *Сучасний стан і перспективи розвитку геоморфології і палеогеографії в Україні* : тези доповідей Всеукр. наук.-практ. онлайн-конференції, присвяченої 70-річчю кафедри геоморфології і палеогеографії (25–27 листопада 2020 р.). Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2020. С. 87.
2. Волошин П.К. Розвиток антропогенної суфозії у центральній частині Львова та її екологічні наслідки. *Вісник Львівського університету. Серія «Географія»*. 2001. Вип. 27. С. 42–45.
3. Волошин П.К., Качур Р.П. Антропогенний морфолітогенез у центральній частині Львова. *Геоморф. досл. в Україні: минуле, сучасне, майбутнє*. Львів : Ви-дав. центр ЛНУ. 2002. С. 150–151.
4. Волошин П. Природно-антропогенні деформації земної поверхні урбанізованих територій як показник геодинамічного ризику. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2002. Вип. 62. С. 14–20.
5. Волошин П., Кремінь Н., Андрейчук Ю. Геоекологічні ризики освоєння підземного простору центральної частини Львова. *Конструктивна географія і картографія: стан, проблеми, перспективи* : науковий збірник / за ред. Є. Іванова. Львів : Про-стір-М, 2020. С. 15–20.
6. Woloshyn P. Wpływ warunków geologiczno-inżynierskich na zachowanie zabytków architektury centralnej części Lwowa. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geol.* 2011. № 446 (1). S. 157–162.
7. Woloshyn P. Geologiczno-inżynierska charakterystyka gruntów antropogenicznych historycznej zabudowy Lwowa. *Przegląd Geologiczny*. Numer 10/2 Październik 2017. Tom 65. P. 890–894.

### REFERENCES

1. Voloshyn P., Andreychuk Yu., Kremin N. (2020). Antropohenni zminy reliefu tsentralnoi chastyny mista Lvova. Suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku heomorfolohii i paleoheohrafii v Ukraini [Anthropogenic changes of the relief of the central part of the city of Lviv]. *Suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku heomorfolohii i paleoheohrafii v Ukraini*. Tezy dopovidei Vseukr. nauk.-prakt. onlain-konferentsii, prysviachenoi 70-richchui kafedry heomorfolohii i paleoheohrafii (25–27 lystopada 2020 r.). Lviv: VTs LNU imeni Ivana Franka, 2020. P. 87 [in Ukrainian].
2. Voloshyn P.K. (2001). Rozvytok antropohennoi sufozii u tsentralnii chastyni Lvova ta yii ekolohichni naslidky [The development of anthropogenic suffusion in the central part of Lviv and its ecological consequences]. *Visnyk Lviv. un-ty Ser. geogr.*. Issue 27. pp. 42–45 [in Ukrainian].
3. Voloshyn P.K., Kachur R.P. (2002). Antropohennyi morfolitohenez u tsentralnii chastyni Lvova [Anthropogenic morpholithogenesis in the central part of Lviv]. *Heomorf. dosl. v Ukraini: mynule, suchasne, maibutnie*. Lviv: Vy-dav. tsestr LNU [Geomorphological research. in Ukraine: past, present, future. Lviv: Publisher. center of LNU]. pp. 150–151 [in Ukrainian].

4. Voloshyn P.K. (2002). Pryrodno-antropohenni deformatsii zemnoi poverkhni urbanizovanykh terytorii yak pokaznyk heodynamichnoho ryzyku [Natural and anthropogenic deformations of the Earth's surface in urbanized areas as an indicator of geodynamic risk]. *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia* [Geodesy, cartography and aerial photography]. Issue 62. pp. 14–20 [in Ukrainian].
5. Voloshyn P., Kremin N., Andreychuk Yu. (2020). Heoekolohichni ryzyky osvoinnia pidzemnoho prostoru tsentralnoi chastyny Lvova. [Geoecological risks of development of the underground space of the central part of Lviv]. *Konstruktivna heohrafiia i kartohrafiia: stan, problemy, perspektyvy: nauk. zb. ; za red. Ye. Ivanova*. [Constructive geography and cartography: state, problems, prospects: science. Collection; under the editorship Ye. Ivanov]. Lviv: Prostir-M, pp. 15–20 [in Ukrainian].
6. Woloshyn P. (2011). Wplyw warunkow geologiczno-inzynierskich na zachowanie zabytkow architektury centralnej czesci Lwowa [The influence of geological and engineering conditions on the preservation of architectural monuments in the central part of Lviv]. *Biuletyn Panstwowego In-tu Geol.* N. 446 (1). pp. 157–162 [in Polish].
7. Woloshyn P. (2017). Geologiczno-inzynierska charakterystyka gruntow antropogenicznych historycznej zabuowy Lwowa [Geological and engineering characteristics of anthropogenic soils of the historical buildings of Lviv]. *Przegląd Geologiczny*. N. 10/2 October. Volume 65. pp. 890–894 [in Polish].

## **TIPIFICATION OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE HISTORICAL BUILDINGS OF LVIV – THE BASIS FOR FORECASTING THE STABILITY OF ARCHITECTURAL MONUMENTS**

**Petro Voloshyn, Nadiya Kremin**

*Ivan Franko National University of Lviv,  
Hrushevsky Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005  
e-mail: petro.woloshyn@gmail.com; nadya710@gmail.com*

The engineering and geological conditions were characterized, the engineering and geo-logical typification of the central part of the city of Lviv (Ukraine) was carried out.

The central part of the city of Lviv is an open-air museum of architecture, which is included in the list of UNESCO world heritage sites. However, more than 70% of the buildings and structures of historical value located here are characterized by varying degrees of damage, and some of them have been completely destroyed.

The geological environment is the basis of the foundations of architectural monuments. Changes in the state and properties of the geological environment over time under the influence of natural and technogenic factors lead to the deformation of buildings, and often their complete destruction. In the sphere of influence of historical and architectural monuments, there is a complex of soils that is varied in terms of lithological composition and properties, which contains technogenic deposits (cultural layer), deposits of the Quaternary system, Neogene and Upper Cretaceous.

The soil massif, which is the subsoil of the foundations, consists of rocks of high, medium and low bearing capacity. High bearing capacity is characterized by marls, marly clays, Neogene, Quaternary

deluvial and alluvial sands. Alluvial loams and deluvial sandy loams have an average bearing capacity. “Weak” alluvial-swamp peaty soils, peats and man-made accumulations are classified as low-bearing capacity.

The classification features in the engineering-geological typification of the center of Lviv are the relief, the structure of the geological section, the strength of technogenic and peaty soils, the lithological composition of rocks, hydrogeological conditions, and modern morphodynamic processes. The studied territory in the structure of the geological environment of the city of Lviv is considered as an engineering-geological district of the Poltva Basin. Within its boundaries, two subdistricts are distinguished: the bottom of the basin and the slopes.

According to the structure of the geological section, within each subdistrict, sections of two, three, four, five, and multilayer structures are distinguished.

*Key words:* engineering and geological conditions, architectural monument, engineering and geological typification.