

Т. В. Кріль

**ВРАЗЛИВІСТЬ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ДО ТЕХНОГЕННИХ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ (НА ПРИКЛАДІ м. КИЇВ)***(Рекомендовано д-ром техн. наук М. Г. Демчишиним)*

Разработанная методика оценки влияния динамических нагрузок на устойчивость геологической среды была использована на территории г. Киев, которая характеризуется достаточной степенью урбанизации и разнообразием природных условий. Комплексная оценка устойчивости геологической среды включает анализ качественных и количественных показателей свойств компонентов геологической среды и динамических нагрузок. Полученные картосхемы отображают распространение грунтовых отложений по инженерно-геологическим свойствам, уровень динамической нагрузки. Исследуемая территория была дифференцирована по оценкам устойчивости геологической среды к влиянию динамических нагрузок.

The developed method of estimation of influence of the dynamic loadings on stability of geological environment was utilized on territory Kyiv, characterized sufficient degree of urbanization and variety of environmental conditions. The complex estimation of stability of geological environment includes the analysis of quality and quantitative characteristics of properties of components of geological environment and dynamic loadings. Got schematic map represent distribution of soil deposits on engineer-geological properties, level of the dynamic and static loading. The investigated territory has been differentiated by estimations of stability of the geological environment to influence of dynamic loadings.

**Вступ**

Геологічне середовище великих міст зазнає дії техногенних динамічних навантажень від вібрацій, спричинених рухом транспорту, вібрацій та ударів при проведенні будівельних робіт (улаштування паль, ущільнення трамбуванням, застосування будівельних механізмів із вібраційною дією). Наслідком таких впливів є зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів, що ведуть до активізації небезпечних процесів у геологічному середовищі (осідання ґрунтових товщ, додаткові нерівномірні деформації ґрунтових основ існуючих будівель, що можуть спричиняти появу ушкоджень у їх конструкціях, перекидання споруд, виникнення зсувних процесів). Особливу небезпеку цей вплив становить для будівель та споруд на обводнених та просідних ґрунтах, зокрема для історичних та архітектурних пам'яток. Актуальність проведених досліджень обумовлена таким: зростанням інтенсивності техногенних динамічних навантажень та процесів підтоплення на урбанізованих територіях; необхідністю подальших методичних розробок для здійснення інженерних та вібраційних досліджень

на території розвинених міст; важливим значенням оцінки довгострокової стійкості геологічного середовища для визначення оптимальних рівнів динамічних навантажень, режиму використання урбанізованих територій при їх дії; необхідністю вдосконалення інженерного захисту будівель та споруд на урбанізованих територіях від небезпечних природно-техногенних процесів, спричинених вібраційним впливом, попередження та ліквідації негативних наслідків, розробки муніципальних програм, реконструкції міста та Генплану.

У загальному визначенні геологічне середовище охоплює частину простору, зайнятого геологічними тілами, які зверху обмежуються денною поверхнею, а знизу – поверхнею, що відділяє породи, змінені за фізико-механічними, хімічними та іншими властивостями в результаті прямих і опосередкованих впливів діяльності людини від таких, що не зазнали цих змін [4].

Характерною рисою геологічного середовища урбанізованих територій є те, що у цьому просторі природні геологічні утворення частково замінені антропогенними накопиченнями та інженерними спорудами.

Територія м. Київ є природно-техногенною системою, яка характеризується достатнім ступенем урбанізації, а її інженерно-

геологічні умови є типовими для більшості великих міст, що дозволило взяти її за приклад у нашій роботі.

Геологічна будова території м. Київ визначається її положенням у зоні зчленування двох регіональних структур північно-східного схилу Українського щита та південно-західного борту Дніпровсько-Донецької западини. Основна водна артерія – р. Дніпро розмежує територію на дві частини із характерними відмінностями.

За морфологічними, морфоструктурними та ландшафтними особливостями розглядувана територія неоднорідна, поділяється на три геоморфологічних райони (Придніпровську височину, Поліську низовину, Придніпровську височину), елементи рельєфу яких складають різноманітні генетичні типи четвертинних відкладів із відповідними інженерно-геологічними характеристиками ґрунтів. Четвертинні відклади у межах території м. Київ майже суцільним, змінним за потужністю (від 0 до 40 м та більше) чохлам перекривають більш давні геологічні нашарування [3]. Абсолютні відмітки підошви четвертинних відкладів коливаються від –76 м (лівобережжя) до +155 м (правобережжя).

Основними компонентами геологічного середовища досліджуваної території є четвертинні відклади. Порооди старшого віку використовуються в місцях, де четвертинні відклади відсутні або їх потужність незначна – 2 – 5 м, а також при висотному будівництві, де котловани розробляють на всю потужність четвертинного покриву, або при проведенні трас метрополітену глибокого закладення (рис. 1). Відмітною особливістю цих відкладів є невтриманість літологічного складу та потужностей.

В останні десятиліття у зв'язку з освоєнням заплавлених і затоплюваних територій широке розповсюдження на території м. Київ мають техногенні ґрунти.

Насипні ґрунти представлені перемішаними піщано-глинистими ґрунтами з включенням різноманітних матеріалів (будівельного і побутового сміття). Постійне нагромадження техногенних відкладів відбувається у процесі міського будівництва і подальшої експлуатації споруд. Потужність техногенних відкладів змінна і коливається від 0 до 44 м; при віддаленні від центра міста

до периферії вона зменшується; найбільш поширена потужність 2–5 м [2].

Намивні ґрунти поширені у заплаві Дніпра. Намивання території проводилося для житлових масивів Русанівка, Березняки, Оболонь, Вигурівщина-Троєщина, Осокорки, Позняки. Підвищення позначок місцевості становило 3–5 м. Вони характеризуються переважно однорідністю за гранулометричним складом, здебільшого це піски дрібні та середньозернисті, із рідкими прошарками та лінзами супісків. Загальна потужність комплексу від 1 до 5 м.

Водоносні горизонти, які впливають на стан компонентів геологічного середовища при дії динамічних навантажень, приурочені до таких товщ: верхньочетвертинних і сучасних еолово-делювіальних, делювіальних лесоподібних суглинків потужністю 0,5–10,0 м та гравітаційних відкладів, складених хаотичною сумішшю порід, охоплених зсувними процесами, потужністю до 8,0 м ( $dvP_{III}$ ,  $dP_{II-N}$ ,  $gr N$ ); середньочетвертинних надморенних озерно-льодовикових і флювіогляціальних пісків, супісків, суглинків загальною потужністю до 6 м ( $I, f P_{II}$ ); середньочетвертинних підморенних озерно-льодовикових і флювіогляціальних дрібно- та середньозернистих пісків, супісків та суглинків ( $I, f P_{II}$ ); олігоценних і міоценових відкладів полтавської і харківської світ ( $P_{3\text{ mz+ob}} - N_{1\text{ br+np}}$ ) в мілкозернистих пісках з прошарками пісковиків та глин потужністю 1–30 м.

## **Матеріали та методика досліджень**

Для виконання досліджень використано такі матеріали проектно-пошукових робіт, виконаних для розробки містобудівної документації: дані топографічної зйомки в масштабах 1:500, 1:2000, геологічні перетини, побудовані за результатами проходки інженерно-геологічних свердловин; результати лабораторних випробувань ґрунтів для визначення їх фізико-механічних властивостей. Використано також матеріали інженерно-геологічного обґрунтування Генерального плану м. Київ на період до 2020 р. [6].

Для послідовного вивчення стану геологічного середовища урбанізованої території та оцінки його стійкості до впливу тех-

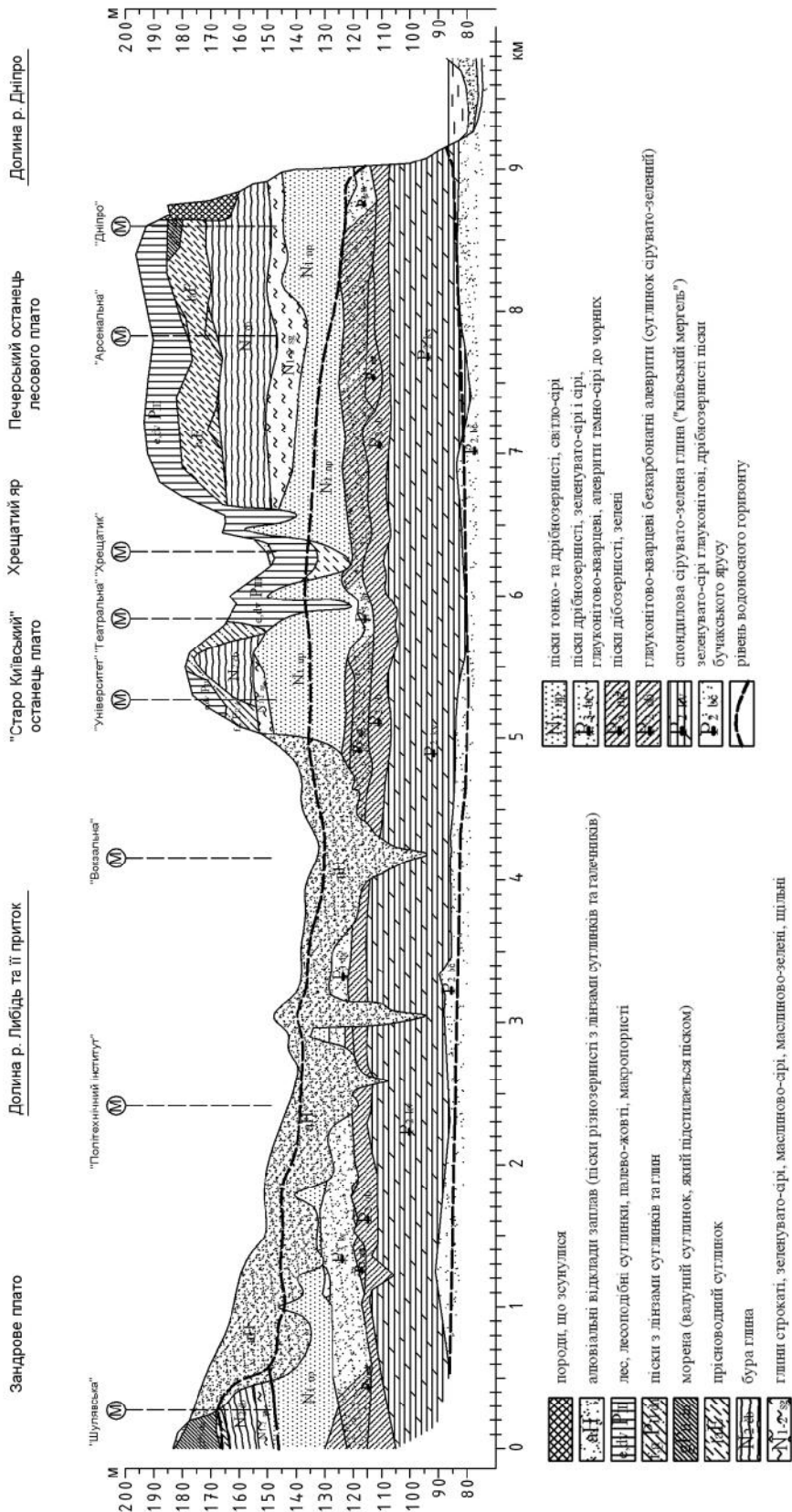


Рис. 1. Схематичний геолого-літологічний розріз по трасі Святошино-Броварської лінії метрополітену

ногенних динамічних навантажень пропонується алгоритм, який складається з таких стадій:

1. *Виявлення джерел вібраційних та імпульсних впливів на підставі використання картографічних та літературних матеріалів, транспортних схем міста та інших документів, а також натурних обстежень території*

Виявлення та систематизація техногенних джерел потенційно небезпечного динамічного впливу, які зумовлюють формування несприятливих інженерно-геологічних умов, є необхідним етапом при оцінці та прогнозуванні стійкості геологічного середовища урбанізованих територій. На цьому етапі відбувається вибір території досліджень, виділення основних техногенних джерел динамічних навантажень за характером дії, геометричною формою, механізмом збудження коливань та основними показниками, які характеризують фізичний процес розповсюдження вібраційних хвиль у ґрунтовому середовищі (частотами, віброшвидкістю та віброприскоренням). Складання картосхем поширення джерел динамічних навантажень.

2. *Проведення розрахунків питомого рівня вібрації від рухомого транспорту на основі визначення інтенсивності транспортно-го потоку та щільності транспортних мереж*

На цьому етапі проводиться вимір параметрів динамічних навантажень та виділення джерел, які створюють найбільш високий вібраційний фон на урбанізованих територіях. Також дослідженню підлягає структура сучасного міста на основі функціонального зонування території. Оцінка ступеня техногенного впливу проводиться за комплексом показників, які враховують рівень статичних та динамічних навантажень, а також ступінь перетворення геологічного середовища, наявність та характер техногенних відкладів.

Специфіка міських територій полягає в тому, що сумарне поле техногенного впливу має складний характер і формується великою кількістю джерел динамічного характеру. Можливості проведення вимірів за регулярною мережею спостережень є обмеженими через низку причин. В цьому випадку нами пропонується використовувати методику поквдратної оцінки території,

яка полягає у визначенні інтегрального рівня навантажень у межах рівновеликих, "елементарних" квадратів. Даний спосіб не потребує проведення численних натурних вимірів та дозволяє оперативно оцінювати вплив вібрацій на геологічне середовище на великих ділянках, а також здійснювати прогноз, що важливо при експлуатації територій міста, які вже використовуються, та нових.

Відомо, що осідання фундаментів споруд залежать не тільки від режиму коливань (амплітуди та частоти), але й від статичного навантаження на ґрунтові основи [1].

Дія статичних навантажень виявляється у житловій та промисловій забудові, яка призводить до змін інженерно-геологічних умов, пов'язаних з осіданням земної поверхні. Статичні навантаження визначаються нами за показником щільності забудови (сумарне значення площ будівель у межах квадрату), поверховості будівель та споруд, вираженої у баловій системі.

Для оцінки стійкості геологічного середовища при динамічних впливах найбільше значення має інтегральна оцінка навантажень від транспорту. Основними показниками транспортних динамічних навантажень є щільність авто- та рейкових магістралей, ліній метрополітену, а також інтенсивність руху по них.

Параметри, які обрані вихідними при оцінці, характеризуються показовістю та відносною просторовою та часовою стійкістю. Показовість обраних параметрів, основою яких є сумарна довжина транспортних магістралей та рівень вібрації, що створюється при русі транспортних засобів, підтверджується аналізом літературних даних, які свідчать про те, що у межах урбанізованих територій (за винятком ділянок, що тимчасово знаходяться у спеціальних умовах застосування спеціальної техніки або вибухових робіт) транспортна вібрація відіграє визначальну роль при оцінюванні впливу динамічних навантажень на геологічне середовище урбанізованих територій.

Відносна просторова та часова стійкість параметрів, обраних для оцінки вібраційного впливу, визначається стабільністю конфігурації мережі транспортних магістралей у межах міської території, де вони створюють своєрідний каркас, на якому розви-

вається інфраструктура міста, а також збереженням у більш-менш постійних межах режиму руху транспортних засобів (при цьому, безумовно, слід мати на увазі можливість зміни цього режиму як протягом доби, так і у зв'язку із зміною призначення транспортної магістралі).

Для отримання кількісних характеристик динамічного впливу від транспорту магістралі та вулиці міста поділені на чотири категорії, використавши у якості критерію поділу інтенсивність руху транспорту із врахуванням технічної класифікації автомобільних доріг за категоріями залежно від розрахункової середньорічної добової інтенсивності руху [11].

За залежністю між інтенсивністю транспортного потоку та рівнем створюваної вібрації [7] оцінено її величину, не вдаючись до інструментальних вимірів, що дозволило визначити граничні значення рівня вібрації (при вимірі віброшвидкості) для вулиць та магістралей різних категорій (табл. 1).

При поділі рівнів вібраційного впливу на категорії враховуємо, що припустимими значеннями рівня вібрації для ґрунтів основ будівель та споруд є 73–96 дБ (швидкість переміщення частинок ґрунту  $(225-3160) \cdot 10^{-6}$  м/с) [1, 11]. У відповідності до цього найменше з цих значень 73 дБ приймається в якості верхньої межі припустимого вібраційного впливу на компоненти геологічного середовища.

При оцінці вібраційного впливу залізничного транспорту, метрополітену та трамваю рівень вібрації поблизу колій може досягати 90–95 дБ (що відповідає швидкості переміщення частинок  $(1580-2835) \cdot 10^{-6}$  м/с). На відстані 30–40 м рівень вібрації знижується до 60 дБ, а на відстані, значно більшій 50 м, наближається до 46 дБ  $(9,98 \cdot 10^{-6}$  м/с), що відповідає нижній границі вібраційного впливу.

У відповідності до обраного значення рівня транспортної вібрації вважаємо, що при вібрації, меншій за 46 дБ (цей рівень

відповідає нерегулярному автомобільному руху), вплив має низький рівень, при 46–73 дБ (автомобільний рух з різною інтенсивністю транспортного потоку) – середній рівень, а при вібрації, яка перевищує 73 дБ (це можливо, коли разом із автомобільним або незалежно від нього існує рейковий транспорт різного виду із регулярним рухом), – високий рівень.

Для автомобільного транспорту, який здійснює вплив головним чином за рахунок практично безперервного потоку транспортних засобів, кожний з яких збудує відносно малоамплітудні коливання, для елементарного квадрата визначаються щільність мережі магістралей з різною інтенсивністю руху, питомий рівень вібрації для всього квадрата (визначається на підставі розрахунків, виходячи з величини транспортного потоку), а також інтенсивність транспортного навантаження. Вихідною інформацією для оцінки впливу навантажень динамічного характеру є схеми транспортних магістралей, а також дані про інтенсивність руху по них (табл. 2, з урахуванням робіт [6, 10]).

Оцінка впливу від рейкового транспорту, який періодично збуджує коливання великих амплітуд (від 5,7 до 11,4 мк), включає визначення розмірів зон з різним рівнем вібрацій в межах території, яка безпосередньо приймає до джерела. Сумарний вібраційний вплив усіх видів транспорту показує, що залізничний транспорт та трамвай є найбільш суттєвими наземними джерелами, а їх внесок у формування загального рівня впливу – домінуючим.

Для трас метрополітену, крім щільності, необхідним є урахування глибини та віддаленості від забудови відповідно до нормативних документів [8, 9]. При цьому слід враховувати, що вплив динамічних навантажень залежить від літологічних особливостей ґрунтів.

*3. Оцінка реакції компонентів геологічного середовища на навантаження динамічного характеру*

Таблиця 1. Середній рівень вібрації для вулиць та магістралей з різною інтенсивністю руху

Категорія магістралі	Інтенсивність транспортного потоку, тр.од./год.	Рівень вібрації, дБ	Швидкість переміщення частинок ґрунту, $\text{н} \cdot 10^{-6}$ м/с
I	Понад 10 000	Понад 96	Понад 199
II	3001 – 10 000	73 – 96	56,1 – 199
III	1001 – 3000	53 – 73	22,3 – 56,1
IV	150 – 1000	46 – 53	6,3 – 22,3

Таблиця 2. Характеристика транспортних магістралей м. Київ

Магістраль	Довжина, м	Відмітки висот, поч./кін., м	Кількість смуг в обох напрямках	Інтенсивність трансп. потоку, тр.од./год.	Категорія магістралі	Рівень вібрації, дБ	Рівень впливу
вул. О. Гончара	1 552	183,9/128,3	4	750	IV	51	Низьк.
бульв. Я. Гашека	1 525	103,5/105,9	6	921	IV	52,2	–
вул. Е. Потьє	1 030	187,5/174,41	4	990	IV	52,7	–
вул. Сабурова	2 084	102,4/100,7	6	1 513	III	55,6	Сер.
бульв. Верховної Ради	3 617	101,6/103,8	4	2 440	III	59,2	–
вул. Фрунзе	5 104	111,8/101,6	4	2 520	III	59,5	–
Русанівська наб.	1 679	99,0/99,2	4	3 239	II	61,4	–
просп. Оноре де Бальзака	5 055	103,1/100,2	4	3 355	II	61,7	–
вул. Горького	3 418	161,9/116,7	6	3 537	II	62	Вис.
просп. Голосіївський	4 099	184,3/114,7	4	3 852	II	62,8	–
просп. Гагаріна	1 990	103,5/104,6	6	5 560	II	65,9	–
бульв. Лесі Українки	2 350	143,2/170,2	8	6 660	II	67,5	–
вул. Богатирська	5 702	96,8/100,6	4	9 054	II	70,3	–
Броварський просп.	11 264	98,68/104,7	6	9 220	II	70,4	–
просп. Генерала Ватутіна	4 958	113,9/99,8	8	9 656	II	70,8	–
Набрєжне шосе	5 187	104,6/98,8	8	10 152	I	70,9	
Харківське шосе	5 842	103,7/106,2	6	10 340	I	71,3	–
просп. Перемоги	11 210	133,9/128,3	8	10 543	I	71,6	–
Кільцева дорога	12 601	164,8/181,8	8	11 808	I	72,7	–
Московський просп.	4 200	105,2/101,9	8	14 472	I	74,7	–

Гірські породи в залежності від параметрів навантаження та фізико-механічних властивостей по-різному реагують на динамічні навантаження. Тому на цій стадії проводиться аналіз процесів, які перебігають у геологічному середовищі при дії вібраційних хвиль, а також особливостей поведінки різних типів ґрунтів при динамічних навантаженнях.

Керуючись нормами з будівництва [5, 8, 9] та тим, що зсувні коливання частинок ґрунту генеруються при проходженні поперечних хвиль характеристиками вразливості ґрунтів до динамічних навантажень, були обрані опір зсуву ґрунту, питоме зчеплення та кут внутрішнього тертя. За обраними критеріями стійкості, а також за генетичним типом відкладів, їх літологічним складом на території досліджень за ступенем стійкості виділено такі зони: поширення міцних ґрунтових основ (алювіальні не обводнені

відклади, представлені різнозернистими пісками; водно-льодовикові відклади, представлені пісками, супісками та суглинками); розповсюдження слабких природних ґрунтів (намівні ґрунти, для яких характерно діагенетичне переущільнення протягом п'яти років після наміву, ділянки із площадною засипкою та насипами в районах великих яружно-балочних систем); поширення слабких ґрунтів, укріплених при інженерних заходах (просідні ґрунти – лесоподібні суглинки, гравітаційні та біогенні ґрунти, а також обводнені надзаплавні піски долин рік та їх приток).

У якості оціночних комплексів, що характеризують стан рельєфу під впливом динамічних навантажень, використовуються ухили поверхні, вертикальна та горизонтальна його розчленованість.

Оцінка стійкості рельєфу до техногенних навантажень здійснюється на основі показ-

ників будівельних норм [5, 9]. За ними стійким є рельєф, який формується в умовах слабого прояву ендегенних та екзогенних процесів, має відносно рівну з невеликими ухилами (до 3°) поверхню; характеризується однорідною геологічною будовою; гіпсометрично розташований вище розрахункового рівня затоплення паводковими водами, а рівень розрахункового залягання безнапірних водоносних горизонтів знаходиться на глибині 3–7 м та більше.

Нестійким є сильно розчленований рельєф із загальними кутами нахилу поверхні понад 8°; зазнає активного впливу енде- та екзогенних процесів; характерним є наявність літологічно строкатих порід; залягання безнапірних водоносних горизонтів на глибині 1–3 м та менше.

На зміни інженерно-геологічних умов впливає розвиток процесів підтоплення на урбанізованих територіях, оскільки обводненість знижує загальну міцність ґрунтів на зсув, що сприяє розвитку дилатансії (збільшення об'єму ґрунту при пластичному деформуванні під час зрушення). При підтопленні змінюються поглинальні властивості ґрунтів, що впливає на величину амплітуди та характер розповсюдження коливань у геологічному середовищі.

Негативний бік підтоплення полягає у тому, що у товщах обводнених ґрунтів під впливом динамічних навантажень з'являються порові тиски, низька дисипація яких призводить до розрідження. Тому урахування ступеня підтоплення території, глибини залягання рівня ґрунтових вод є суттєвим при оцінюванні динамічного впливу: чим вище розташований горизонт ґрунтових вод, більш обводненими є породи, тим більш значна величина вібрації та менше її можливе поглинання у різних ґрунтах [5, 12].

*4. Складання картосхем інженерно-геологічного районування урбанізованої території за вразливістю до вібраційного впливу із використанням методу поквдратної оцінки*

Оцінку сучасного стану геологічного середовища урбанізованої території проведено на основі районування території міста за ступенем стійкості компонентів геологічного середовища до динамічних навантажень. Складання картосхем інтенсивності впливу динамічних навантажень та вібраційної не-

безпеки геологічного середовища виконано із використанням принципів типізації та районування урбанізованої території.

Під вібраційною безпекою ми розуміємо такий стан геологічного середовища, при якому під впливом навантажень динамічного характеру у ньому стають потенційно активними або вже активізуються окремі негативні інженерно-геологічні процеси, що можуть спричинити пошкодження або призвести до руйнування інженерних споруд.

У межах урбанізованих територій за основними критеріями оцінки стійкості компонентів геологічного середовища до техногенних динамічних навантажень виділено три типи зон: зона із значним рівнем небезпеки динамічних навантажень – III тип; зона відносно помірної вібраційної небезпеки – II тип; зона, практично стійка до динамічних навантажень – I тип (табл. 3).

Найбільш перспективним видом формалізації показників стійкості геологічного середовища до впливу динамічних навантажень є складання бази даних. При проведенні досліджень це здійснювалось на основі поквдратного оцінювання території. Для подальшого вивчення стану урбанізованих територій пропонується поетапний аналіз бази даних, у структуру якої входять базові шари, що визначають топографічну основу і тематичні шари, які дають характеристики природних і техногенних чинників. Пошаровий принцип організації інформації є наочним та добре співвідноситься з прийомами традиційної картографії.

Основний блок картографічної інформації забезпечує перегляд та аналіз шарів картографічної інформації, формування картографічних об'єктів та їх характеристик, модифікацію картографічних об'єктів. Він може бути представлений кількома (до кількох десятків) шарами інформації. Шари інформації оцифровуються за допомогою сканерної технології із використанням пакетів Arcinfo, Winserf, AutoCad тощо і представлені у форматі Arcinfo.

## **Результати дослідження**

Територія м. Київ за інтегральними величинами транспортних навантажень (авто- та залізничних магістралей) диференціюється

Таблиця 3. Типізація геологічного середовища за стійкістю до впливу динамічних навантажень

Тип ГС	Критерії стійкості								
	Динамічне навантаження		Статичне навантаження, бали	Характер відкладів		Гідрогеологічні умови	Характер рельєфу		Інженерно-геологічні процеси та явища
	Щільність трансп. магістралей, км/км <sup>2</sup>	Віброшвидкість частинок ґрунту, дБ		Ґрунтові основи	Розрахунковий опір ґрунту, кПа		Тип рельєфу	Морфометрія	
I	<1,5	<46	4–5	Міцні ґрунти, піски, супіски, суглинки	>150	Глибина залягання ґрунтових вод >3 м, напірних > 10 м	Моренно-льодовикові рівнини, плоскі ділянки надзаплавних терас	Нахил поверхні до 4°, щільність розчленованості рельєфу 0–1 км/км <sup>2</sup>	Відсутні або застабілізовані
II	1,5–2,5	46–73	3	Слабкі природні ґрунти, закріплені в результаті наміву	>150	Глибина залягання ґрунтових вод >3 м, напірних >10 м, наявність верховодки до 1 м	Ділянки вододілів рівнин зі слабким нахилом поверхні надзаплавних терас, слабо розчленовані схили, висока заплава	Нахил поверхні до 4–8°, щільність розчленованості рельєфу 2–3 км/км <sup>2</sup>	Процеси застабілізовані
III	>2,5	>73	1–2	Слабкі просідні ґрунти, ґрунти з особливими властивостями та складом (торф, мул)	<150	Глибина залягання ґрунтових вод <3 м, напірних <10 м	Долини малих річок, зсувонебезпечні схили з активним розвитком ярів, провалів, низька пойма	Нахил поверхні до >8°, щільність розчленованості рельєфу 3–4 км/км <sup>2</sup>	Активний прояв просідання, зсувів, підтоплення

нами на ділянки із слабким, середнім та високим рівнем вібраційного впливу (рис. 2).

До зони слабких навантажень відносяться окраїнні райони міста; середній показник густини транспортних магістралей – менше 1,5 км/км<sup>2</sup>, лінії метрополітену відсутні, деформацій, пов'язаних з вібраційним впливом, не спостерігається. До зони середніх транспортних навантажень належать нещодавно збудовані та нові масиви міста – Оболонь, Райдужний, Троещина, Харківський, Теремки; інтегральний показник щільності магістралей – 1,5–2,5 км/км<sup>2</sup>. До зони високих навантажень відносяться центральні правобережні райони – Поділ, Сирець, лівобережні – Дарниця, Русанівка, Березняки. Тут відмічені значні показники щільності транспортних магістралей – понад 2,5 км/км<sup>2</sup>. З урахуванням комплексної оцінки найбільші навантаження від метрополітену на геологічне середовище спостерігаються у районі Подолу, центральних районах міста (Шевченківський, Печерський).

На основі аналізу наведених вище показників (табл. 3) проведено районування території м. Київ за вібраційною небезпекою (рис. 3).

Захист від негативного впливу дії навантажень динамічного характеру можна проводити у кількох напрямках. Відповідно до виділених типів геологічного середовища можна застосовувати такі заходи:

– На ділянках типу I не має необхідності здійснення спеціальних заходів для покращення інженерно-геологічних умов при проектуванні будівель та споруд. У цьому випадку достатньо дотримуватися відстаней від інженерних об'єктів до транспортних магістралей. Нормами з планування та забудови міських територій [8, 9, 11] встановлені такі відстані від різних транспортних магістралей до житлової забудови: швидкісні автомобільні дороги (3000–4000 тр.од./год. і більше) – 50 м; лінії залізничних доріг – 100 м (у містах) та 50 м (у населених пунктах); наземні лінії метрополітену – 60 м; відстань від стін тунелю метрополітену неглибокого закладення до фундаментів будівель та споруд – не менше 40 м.

– На ділянках типу II можливі деякі незворотні зміни стану у геологічному середовищі, які можуть не перевищувати допустимих меж, передбачених умовами експлуатації інженерних споруд. Такі зміни можна усунути звичайними заходами інже-



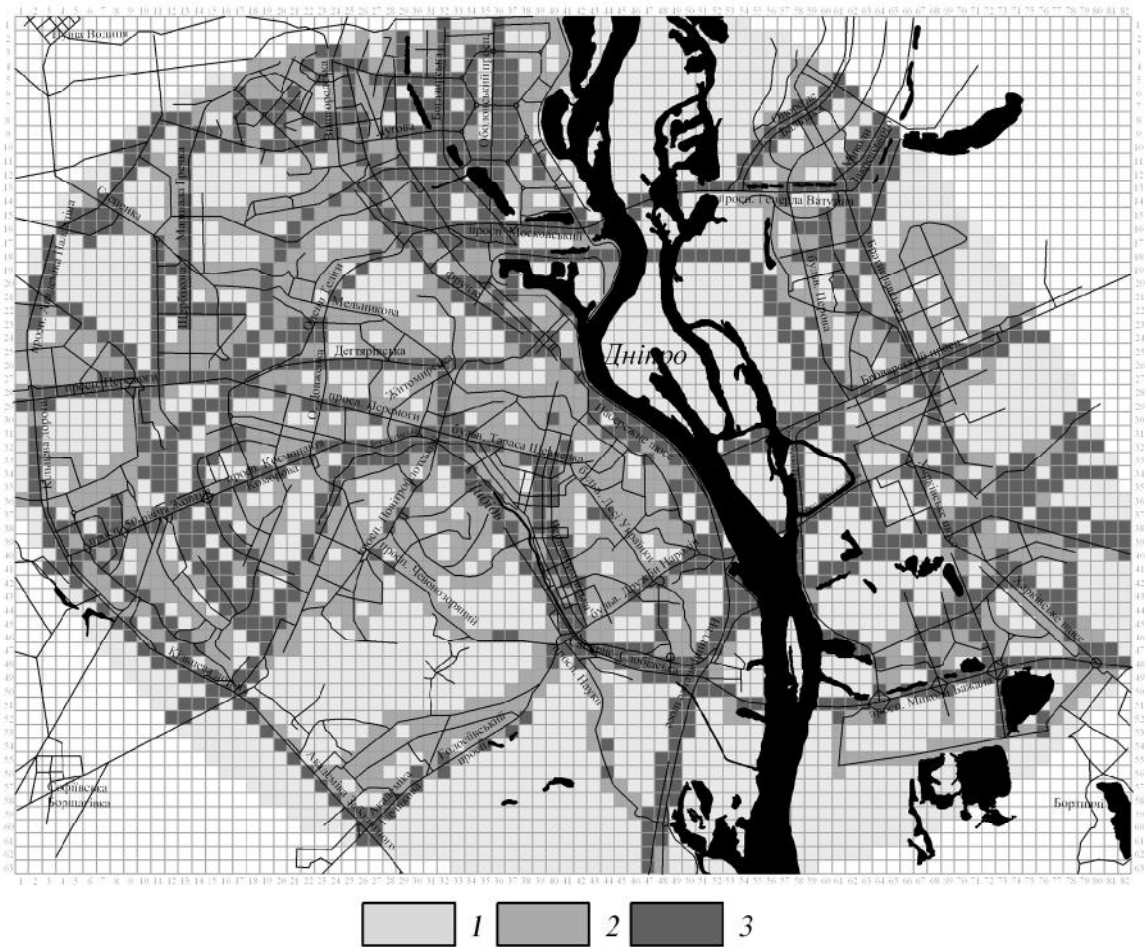


Рис. 2. Схема розподілу динамічних навантажень від транспортних джерел  
 1 – низький рівень; 2 – середній рівень; 3 – високий рівень

нерного захисту (планувальні роботи, ущільнення ґрунтів, які виконуються у складі інженерної підготовки території).

– Високий рівень вібраційних впливів може призвести до значних змін властивостей ґрунтів і активізації негативних інженерно-геологічних процесів, до пошкоджень будівель і споруд та ін. У таких випадках необхідно здійснення спеціальних додаткових заходів, які слід розробляти для конкретного випадку можливого прояву негативних наслідків (улаштування екрануючих трансшей, реконструкція фундаментів та ін.).

### Висновки

Для оцінки стійкості геологічного середовища до впливу динамічних навантажень необхідно складання схем вібраційного впливу,

при побудові яких для території м. Київ у якості основних оцінювальних характеристик були обрані величина щільності магістралей та інтенсивність транспортного потоку, яка визначає рівень вібраційного впливу. Побудована схема розподілу динамічних навантажень за значенням питомого рівня створюваної вібрації показує, що значна частина території міста (74%) не зазнає високого рівня впливу. Ця область займає практично всю територію, вміщуючи у собі розрізнені ділянки з наявним високим рівнем впливу динамічних навантажень. Сильний вібраційний вплив спостерігається на 26% від загальної площі досліджуваної території; він характерний для ділянок, в межах яких знаходяться великі залізничні вузли, перехрещення трамвайних колій та магістралі з інтенсивним рухом.

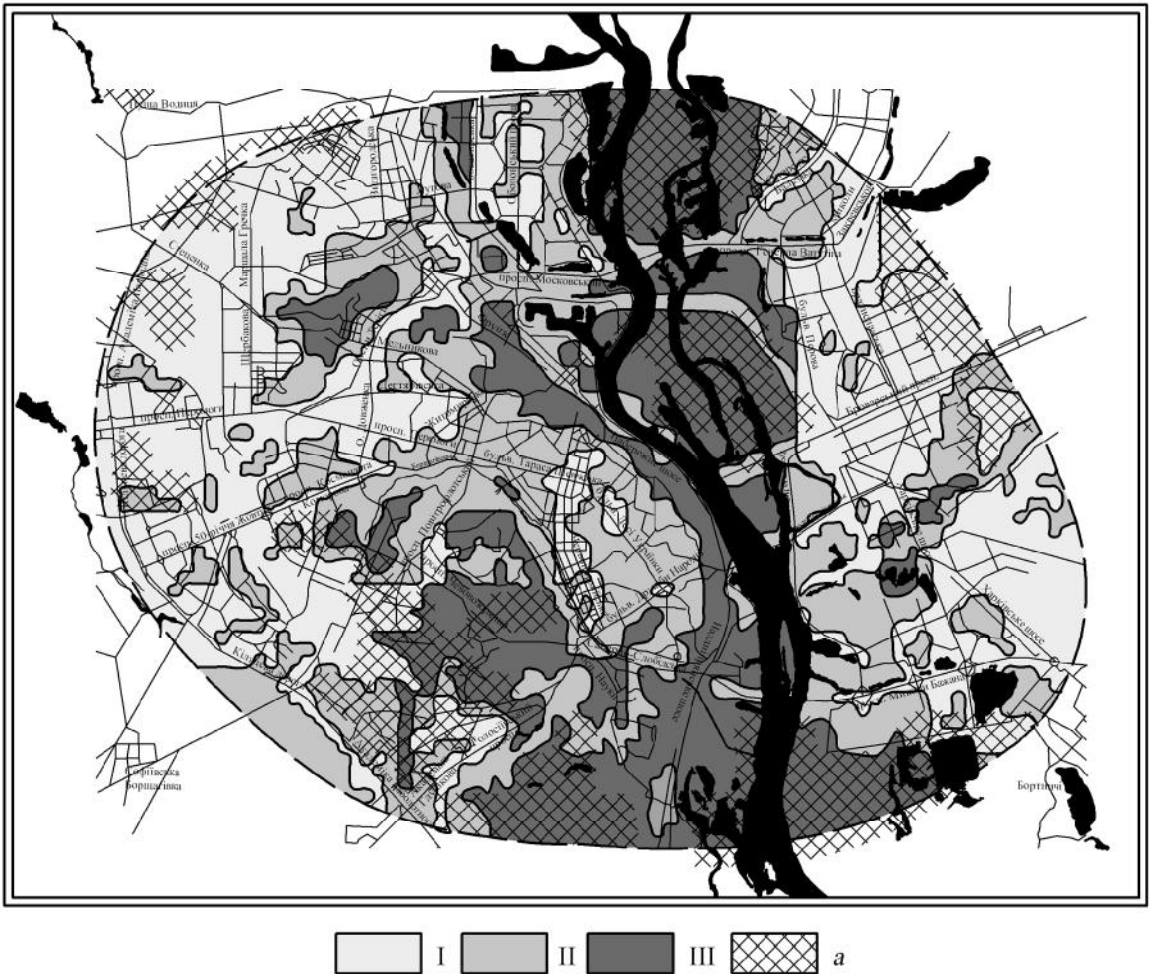


Рис. 3. Схема районування геологічного середовища території м. Київ за ступенем вразливості до динамічних навантажень

I – III – типи геологічного середовища відповідно до табл. 3; a – ділянки, що не зазнають вібраційного впливу

Оцінка стійкості геологічного середовища під впливом динамічних навантажень, проведена за такими показниками, як рівень динамічного навантаження, рівень статичного навантаження, тип відкладів, характер рельєфу, гідрогеологічні умови, наявність інженерно-геологічних процесів та явищ, дозволила виділити на території досліджень ділянки з різним ступенем вразливості до динамічних навантажень. Ступінь стійкості інженерно-геологічних умов визначається змінами фізико-механічних властивостей ґрунтів під впливом техногенних динамічних навантажень.

Здійснене типологічне районування досліджуваної території за вразливістю ком-

понентів геологічного середовища до вібраційного впливу показує, що ділянки першого типу стійкості займають 40% загальної площі, територія, яка характеризується відносною вібраційною небезпечкою – 32%; зона із нестійкими ділянками до впливу динамічних навантажень – 28%.

Подальші дослідження стійкості геологічного середовища території м. Київ повинні бути орієнтовані на вивчення механізмів втрати стійкості для підтримання її стабільності на основі прогнозу функціонування урбанізованої території з урахуванням критеріїв та показників стійкості, а також на проведенні циклу інструментальних віброметричних спостережень для отримання детальних даних про режим вібраційного

впливу (насамперед на виділених ділянках із значним рівнем вібраційної небезпеки).

1. Баркан Д. Д. Динамика оснований і фундаментов. – М.; Л.: Стройвоенмориздат, 1948. – 412 с.
2. Геологическая карта Украинской ССР масштаба 1:50 000. Киевский промышленный район. Объяснительная записка в 2-х частях. – К., 1982. – Ч. 1.
3. Демчишин М. Г. Геологическая среда Киева // Геол. журн. – 1991. – № 2. – С. 14–24.
4. Демчишин М. Г. Техногенні впливи на геологічне середовище території України. – К., 2004. – 156 с.
5. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво у сейсмічних районах України : ДБН В.1.1-12:2006. – [Чинний від 2007-01-02]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 84 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Комплексна схема транспорту м. Києва на період до 2020 р. // [http:// kyiv.in.ua](http://kyiv.in.ua)
7. Криль Т. В. Вібраційний вплив на геологічне середовище міст // Геол. журн. – 2008. – № 2. – С. 91–99.
8. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень : ДБН 360-92. – [Чинний від 2007-01-02]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 84 с. – (Державні будівельні норми України).
9. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с. – (Державні будівельні норми України).
10. Оцінка складу транспортного потоку м. Києва / Бабій В.Ф., Худова В.М., Пригода Ю.Г. та ін. // Гігієна населених місць. – 2009. – № 54. – С. 55–59.
11. Споруди транспорту. Автомобільні дороги : ДБН В.2.3-4:2007. – [Чинний від 2008-03-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми України).
12. Gutowsky T. G., Dym C. L. Propagation of ground vibration: A review // J. Sound and Vibrat. – 1976. – Vol. 49, N 2. – P. 179–193.

Ін-т геол. наук НАН України,  
Київ  
E-mail: kotkotmag@mail.ru

Стаття надійшла  
29.06.11