

ВПЛИВ ПРИРОДНИХ МІКРОГЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ТЕХНОГЕННИХ ВІБРАЦІЙ НА ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

THE IMPACT OF NATURAL MICROGEODYNAMIC PROCESSES AND TECHNOGENIC VIBRATIONS ON THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT

Т. В. Кріль, В. М. Бублясь
Tetiana V. Kril, Volodymyr M. Bublasy

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55-b O. Honchara Str., Kyiv, Ukraine, 01601
(kotkotmag@gmail.com, bubliasy@ukr.net)

Проаналізовано вплив геодинамічних полів на зміни напружено-деформаційного стану ґрунтів. Потенційне зниження деформаційних і міцнісних властивостей ґрунтів пов'язано з геодинамічною активністю території та, зокрема, мікрогеодинамічними процесами в межах окремих блокових структур. Виділено техногенні вібраційні впливи, що можуть бути зіставлені з природними процесами збудження коливань частинок ґрунту. Наведено приклади деструктивного негативного впливу періодичних процесів стиснення–розтягнення у верхній частині ґрунтової товщі на стан інженерних об'єктів. За результатами експериментальних дослідних робіт на місцевості було встановлено вплив електричних струмів, генерованих в атмосфері і літосфері, на процеси вилуговування і транспортування низки хімічних елементів у ґрунтах зони аерації. Для надійної експлуатації інженерних об'єктів при проектуванні пропонується враховувати не тільки розломи за їх щільністю в межах одиниці площі, а й в межах блокових структур виділяти зони з мікрогеодинамічними процесами, де відбуваються аномально високі коливання напружено-деформаційного стану порід, геохімічні, електродинамічні, гідродинамічні і термодинамічні процеси. *Ключові слова:* геодинамічні умови; територіальна діяльність; мікрогеодинамічні зони; ротаційні сили; стоячі хвилі; западинні форми; електричні явища; напружено-деформаційний стан порід.

The influence of geodynamic fields on the changes of the stress-strain state of soils is analyzed. Potential decrease of deformation and strength properties of soils is related to the geodynamic activity of the territory and, in particular, microgeodynamic processes within the boundaries of separate block structures. Technogenic vibrational effects, which can be compared with natural processes of excitation of oscillations of soil particles, are highlighted. Examples of destructive negative influence of periodic compression processes – stretching in the upper part of the soil layer on the state of engineering objects are given. According to the results of experimental research in-situ, the influence of electric currents generated by the atmosphere and the lithosphere on the processes of leaching and transportation of a number of chemical elements in the soils of the aeration zone was established. For reliable operation of engineering objects during designing it is proposed to take into account not only faults in their density within the unit of area but also within the block structures to allocate zones with microgeodynamic processes, where there are sharp changes in humidity, mechanical, thermal and electrical energy.

Keywords: geodynamic conditions; territorial activity; microgeodynamic zones; rotational forces of standing waves; hollow forms; electrical phenomena; stress-strain state of soils.

ВСТУП

При оцінюванні міцнісних властивостей ґрунтових основ, придатності їх для забезпечення надійної експлуатації споруд різного типу важливим є врахування структури геологічного середовища, зокрема фізичного стану розломних зон (РЗ) і мікрогеодинамічних зон (МГДЗ) із високою геодинамічною активністю. Основні розломи на території м. Київ та вузли їх перетину є природними місцями потенційного зниження стійкості ґрунтів (наприклад, район перетинів вулиць Богатирської, Маршала Тимошенка, Героїв Дніпра на Оболоні,

Труханів острів, Осокорки, район Дегтярі та ін.) (Кріль, 2015).

Виділення ділянок з потенційним зниженням деформаційних і міцнісних властивостей ґрунтів на основі геодинамічної активності території пропонується з урахуванням щільності РЗ у межах одиниці площі. Для надійної експлуатації інженерних об'єктів при проектуванні також у межах блокових структур пропонується виділяти зони із високомікрогеодинамічними процесами, де за рахунок стоячих хвиль відбуваються

Цитування: Кріль Т. В., Бублясь В. М. Вплив природних мікрогеодинамічних процесів і техногенних вібрацій на геологічне середовище. Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2020. Том 13. С. 104–112. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2020.214523>

Citation: Kril T.V., Bublasy V.M., 2020. The impact of natural microgeodynamic processes and technogenic vibrations on the geological environment. Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine, Vol. 13. Pp. 104–112. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2020.214523>

аномальні геодинамічні, електродинамічні, гідродинамічні, газодинамічні і геохімічні процеси.

В природному заляганні гірські породи знаходяться у складному напружено-деформаційному стані, створеному великою кількістю природних пружних полів. Основою широкого спектра полів покривних відкладів виступають конвективні, ротаційні і гравітаційні сили. При вивченні сучасних геодинамічних полів використовуються дані замірів як самих полів, так і фізичні ефекти, спричинені ними.

У роботі (Селюков, Стигнеева, 2010) відмічено, що хвильові закони (відбиття, заломлення, інтерференції і резонансу) визначають ієрархію геодинамічних структур і характер їх розміщення. Передбачається, що власні коливання Землі породжують єдину систему стоячих хвиль, які переважно притаманні рівнинним територіям, а сформовані на їх основі гармоніки утворюють впорядковані інтерференційні решітки (хвилі стиснення-розтягування), на базі яких виникають геодинамічні і тектонічні структури (Богацкий, 1986). Сукупність геодинамічних зон різного ієрархічного рівня утворює геодинамічну мережу у покривних відкладах. Але до останнього часу структурно геодинамічним чинникам покривних відкладів для оцінки стійкості ґрунтів при експлуатації інженерних споруд не приділялося належної уваги.

При практичному застосуванні нових геологічних і геофізичних методів в інженерній геології встановлено, що геологічне середовище має низку слабо досліджених якостей (геодинамічних і електродинамічних), які суттєво впливають на стійкість інженерних споруд (Селюков, Стигнеева, 2010; Шестопалов, Бублясь, 2016). Тим більше, що значна кількість із цих якостей має пряме відношення до підвищення ризиків прояву надзвичайних ситуацій, які ускладнюють роботи на стадіях проектування, будівництва та експлуатації інженерних об'єктів різного ступеня відповідальності. Тому актуальними є питання оцінки негативної ролі природних мікрогеодинамічних і техногенних вібраційних процесів у межах міської агломерації, встановлення закономірностей їх впливу на інженерні об'єкти, що є основною метою даної роботи.

ГЕОДИНАМІЧНІ УМОВИ

Ділянки із високою геодинамічною активністю можуть створювати геоecологічні ризики, оскільки для них характерні аномально високі зміни воло-

гості, пористості і пружності гірських порід тощо внаслідок вібросепарації, електродинамічних і електрохімічних процесів, що знижує їх механічну міцність. Такі ділянки відносять до нестабільних із підвищеною міграцією твердої і рідкої фаз порід. Розуцільнені, тріщинуваті породи і високі електричні градієнти в межах геодинамічних зон забезпечують підвищену фільтрацію як природних, так і техногенних забруднених вод.

Повільні геодинамічні рухи (вертикальні та горизонтальні) можуть спричинити аварії на лініях підземних комунікацій (газові, теплові, водопровідні мережі), греблях, дамбах, пошкодження фундаментів та стін наземних споруд, прискорення зношення дорожнього покриття. Чітко простежуються пошкодження на протяжних інженерних об'єктах, які перетинають геодинамічну зону або розташовані в її межах.

Найбільш небезпечні вузли перетину геодинамічних зон між собою або з тектонічними розривними порушеннями. Крім втрати механічної міцності та пошкоджень інженерних об'єктів, виникають й інші явища та процеси, що мають негативні екологічні наслідки. Геодинамічні зони є ділянками гірського масиву з аномально підвищеним виділенням хімічно активних газів, наприклад радону, окислу вуглецю, вуглеводнів. Тому слід враховувати наявність таких зон при проектуванні жилих будинків, дитячих садків, лікарень та оздоровчих санаторіїв.

При оцінюванні стійкості або екологічної безпеки необхідними є дані про морфологічні і морфометричні особливості МГДЗ, геодинамічну і геохімічну їх активність. Так, розділяють зони на округлі (кільцеві) та лінійні із протяжністю від кількох десятків метрів до перших кілометрів. МГДЗ характеризуються різною тектонічною активністю із різними за часом циклічними проявами. Фонові рухи більшості блоків Київського промислового району мають порівняно невисокі амплітудні переміщення (2–4 мм/рік) та охоплюють глибини у десятки та перші сотні метрів.

Середні швидкості повільних (епейрогенетичних) сучасних вертикальних рухів на території Києва за даними повторних нівелювань змінюються від +0,4 до –4,2 мм/рік (Старостенко и др., 2001; Сучасна..., 2005).

З точки зору сучасної геодинамічної нестабільності особливої уваги заслуговують морфоструктурно-неотектонічні вузли. Їх особливість полягає у високому ступені тектонічної роздрібленості, яка прослідковується у верхній

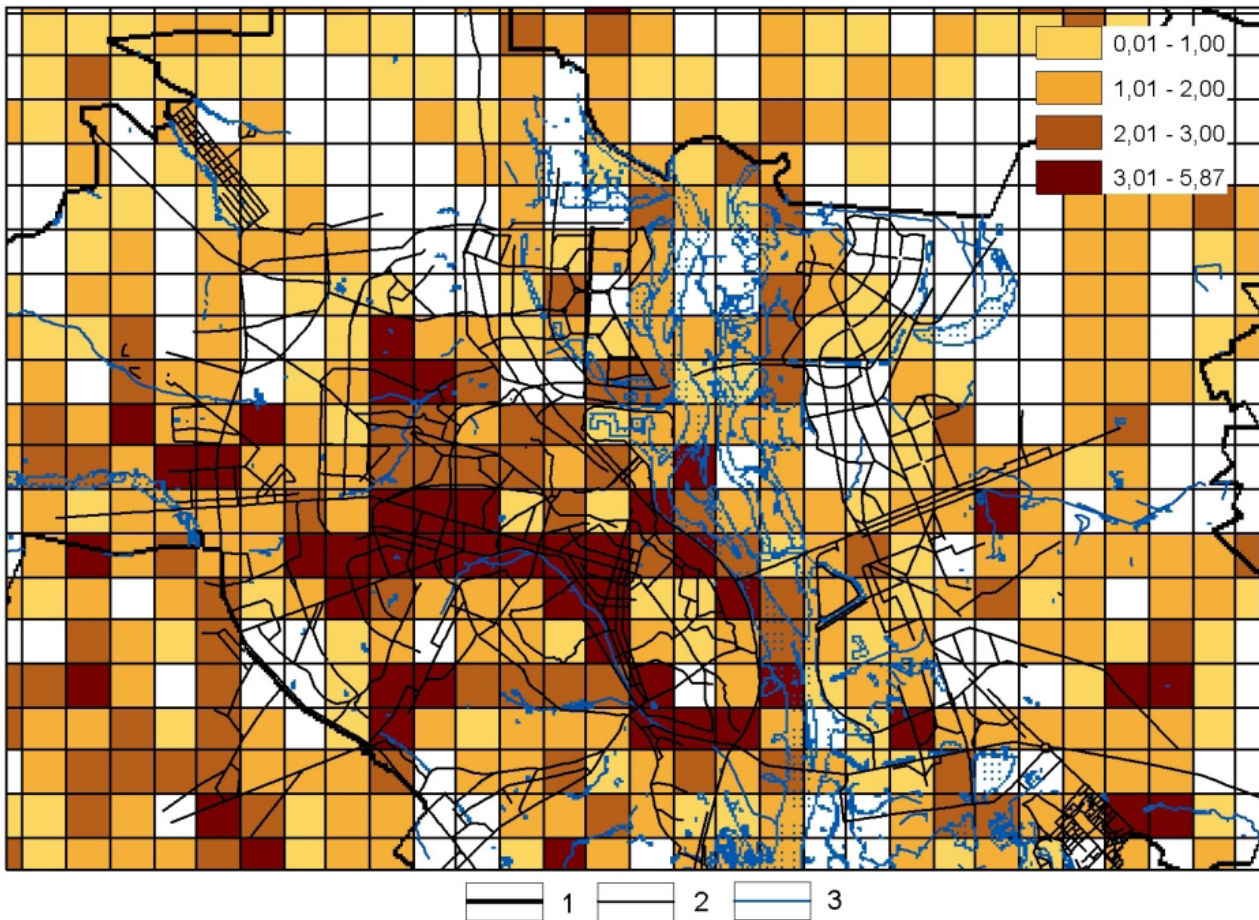


Рис. 1. Щільність РЗ з оцінкою в одиничних квадратах м. Київ:
1 – адміністративні межі Києва; 2 – вулиці та магістралі міста; 3 – гідромережа

Fig. 1. The density of fault zones with an estimate in unit squares for Kyiv:
1 – administrative borders of Kyiv; 2 – streets and highways of the city; 3 – hydro-network

частині осадового чохла, а також у підвищенні відміток рельєфу та активізації екзогенних процесів. На території Києва це ділянки перетину Київського розлому із Гостомельським, Святошинським, Пирогівським та Глеваським розривними порушеннями (Сучасна..., 2005). Центральна частина міста розташована у межах найбільш активної на сучасному етапі тектонічних рухів структури Печерського горсту – ділянки підняття земної кори, обмеженого розривними порушеннями в осадовому чохла (Орленко и др., 2010).

До зон можливого послаблення міцнісних властивостей ґрунтів відносять ділянки, які збігаються із вузлами перетину основних розломів на території міста: Святошинського, Пуща-Водицького та Київського – район Дегтярі; Святошинського та Київського – район Труханова острова та частини Поштової площі; Святошинського та Дарницького – промислова зона поряд із Дарницьким каналом; Київського

та Деснянського – район перетину вулиць Богатирської, Маршала Тимошенка, Героїв Дніпра на Оболоні; територія Святошинського озера біля Кільцевої дороги та на Софійській Борщагівці (вузли перетину з Ірпінським розломом; крім того, на Осокорках, у районі вулиць Борщагівська та Гарматна).

Зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів можуть відбуватися також вздовж самих розломів або МГДЗ. Величини ореолів вузлів та ширина розломів мають орієнтовний характер, встановлення їх фактичних розмірів потребує детальних інструментальних спостережень із залученням геодезичних, геофізичних та методів дистанційного зондування Землі.

Просліджувати вплив активних РЗ у пухких четвертинних відкладах важче, ніж у кристалічних породах з чітко вираженими розривними порушеннями. Тому для виділення ділянок потенційного зниження міцнісних властивостей ґрунтів

та геодинамічної активності пропонується урахування розломів за площиною, а не лінійністю. На рис. 1 схема міста за щільністю РЗ у межах одиничного квадрату побудована за даними робіт (Геологическая..., 1970, 1984).

Розмір квадратів сітки був прийнятий 1,2×1,2 км відповідно до відомих геометричних розмірів тектонічних зон. Найбільш активними в новітній час є Печерське (протяжністю 10 км та шириною 3 км) та Вишгородське підняття з розмірами 10×5 км (Геологическая..., 1970, 1984). Найбільш вивченими ерозійно-тектонічними депресіями, які проявились у дотріасовому та доюрському рельєфах, є Ірпінська протяжністю 18 км, шириною 1–3 км та Оболонська протяжністю 12 км, шириною 1–4 км (Геологическая..., 1970).

На урбанізованих територіях у виділених зонах додатково впливати на ґрунти можуть техногенні динамічні навантаження від руху транспорту, роботи промислового устаткування, будівельні роботи.

Аналіз просторових і частотних характеристик динамічних навантажень показав (Кріль, 2015), що на міських територіях домінуючими джерелами є автомобільний транспорт (пікові частоти коливань — 20 Гц) та рейковий — трамвай, метрополітен, залізниця (пікові частоти коливань — 45–70 Гц), рівень вібрації за віброприскоренням (0,5–45,2 м/с²) становить від 56 до 135 дБ. Вони мають постійний характер впливу та повсюдне розміщення на території міста у порівнянні із об'єктами промисловості та будівництва, де вібраційний рівень коливань за віброприскоренням ((0,5–1,2)×10⁻⁵ м/с²) може також досягати значень 75–110 дБ.

Ґрунти як основні компоненти геологічного середовища по-різному реагують на динамічні навантаження. У незв'язних (піщаних) ґрунтах під впливом динамічних навантажень відбувається взаємне зміщення частинок ґрунту і накопичення деформацій зрушення, зміни пористості, а у надренованих умовах — зміни порового тиску. Реакція зв'язних ґрунтів проявляється у формі часткової або повної втрати міцності аж до розрідження, в основі якого простежується явище тиксотропії, що кількісно характеризується коефіцієнтами втрати міцності. Після зниження вібрацій такі ґрунти здатні до відновлення міцності.

Під впливом динамічних навантажень виникаючі в ґрунті фізичні явища спричиняють, в залежності від літологічного складу, зменшення

кута внутрішнього тертя на 0,5–16% від початкової величини, зчеплення — на 3–14% та модуля деформації — на 0,5–25%. Вібраційний вплив викликає зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів та провокує виникнення небезпечних процесів — зсувів, провалів, просідань.

Ефект від техногенних динамічних навантажень можна порівняти із сейсмічним ефектом від землетрусів до 4 балів за шкалою MSK-64. Для природних умов м. Київ рівень інтенсивності сейсмічних коливань не перевищує 5–6 балів. Поширення низькочастотних сейсмічних хвиль у верхніх ґрунтових шарах при одночасних техногенних динамічних впливах може призвести до резонансних явищ і зниження стійкості геологічного середовища. Тому для оцінки ґрунтових основ будівель і споруд на території міста слід враховувати природні динамічні навантаження від землетрусів та повільних геодинамічних рухів, які підсилюють деякий рівень сейсмічності на урбанізованих територіях.

Крім РЗ і їх геодинамічної активності, на міцнісні властивості ґрунтів дуже впливають мікрогеодинамічні процеси в межах аномально активних зон.

МІКРОГЕОДИНАМІЧНІ ЗОНИ

Сучасні тектонічні рухи земної кори, що віддзеркалюють кінематичну складову геодинамічних процесів, тобто механічні порушення певних ділянок геологічного середовища або зміну напружено-деформаційного стану порід, вивчаються спеціальними геофізичними методами. Добові, сезонні, річні і багаторічні зміни напружено-деформаційного стану порід у МГДЗ і на фонівій ділянці вимірювались за допомогою спеціально розроблених приладів — деформографів.

Суть мікрогеодинамічних коливань полягає в тому, що механічні хвилі, утворені зміною швидкості обертання Землі, у відносно однорідному геологічному середовищі в межах блокової геологічної структури формують зустрічні механічні хвилі, часто стоячі, які періодично можуть вступати у резонанс (Рябоштан, Селюков, 2003). Різновиди власних коливань Землі як пружного тіла викликають в літосфері напруги, які призводять до процесів зсуву, розтріскування, стиснення або розтягування. Ознакою стоячих хвиль є ділянки із високим рівнем механічної, електродинамічної і гідродинамічної активності, які спричиняють деструкцію порід, впливають на зміну літологічного складу, фізико-механічних властивостей,

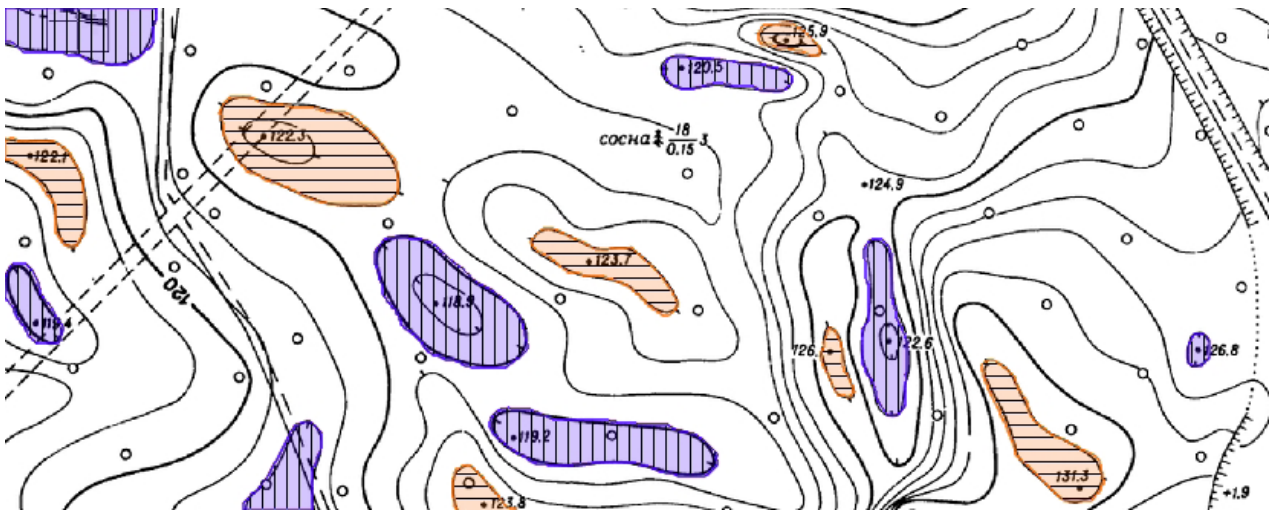


Рис. 2. Чергування западинних форм (фіолетовий колір, вертикальне штрихування) з додатними (помаранчевий колір, горизонтальне штрихування) на фрагменті топографічної карти зйомки мікрорельєфу лівобережжя Дніпра у північно-східній частині м. Київ (масштаб основи 1:2000)

Fig. 2. The interchange of the negative forms (violet color, vertical hatching) with a positive (orange, horizontal hatching) color on the fragment of the topographic map of the microrelief of the left bank of the Dnipro in the northeastern part of Kyiv (background scale 1:2000)

підвищення суфозійних і карстових процесів. Особливим маркером стоячої хвилі є протилежно направлений характер розвитку процесів у МГДЗ і на фонових ділянках. Завдяки стоячим хвилям у МГДЗ формуються шляхи підвищеної міграції, які є основною причиною формування западинного мікрорельєфу.

За результатами наших досліджень отримані дані, які свідчать, що в геодинамічній зоні коливальні зміни деформації порід у декілька разів вищі, ніж такі на фонових ділянках. Пружні коливальні і вібраційні хвилі в пухких ґрунтах викликають сепарацію елементарних частинок і вивільнення рідкої фази від сорбційних сил, а транспортуючим їх агентом виступають електричні сили. Виникнення електричних струмів, що змушують рухатися високорухомі фази порід у геологічному середовищі, пов'язано із багатьма факторами (Бублясь М. В., Бублясь В. М., 2012). В результаті зміщення елементарних частинок ґрунту генерується тепла та електрична (п'єзоелектричні ефекти) енергія, яка витрачається на низку геохімічних і механічних перетворень. Крім того, значним чинником у формуванні електричних полів виступають статичні електричні та електромагнітні поля атмосфери (Бублясь М. В., Бублясь В. М., 2012).

На ділянках із переважаючими низхідними процесами (в межах стоячої хвилі) внаслідок переміщення твердої фази порід у нижні горизонти

будуть формуватись від'ємні (западинні) форми мікрорельєфу. А на прилеглих ділянках западинної форми відбуваються зворотно направлені процеси, що часто формують додатні форми, які чітко виділяються на топографічних картосхемах (рис. 2).

Особливості нелінійних коливальних механічних процесів мають чітке відображення в експериментально отриманих даних добової ритміки, які описують хвильовий характер зміни (рис. 3). Особливо чітка ритмічність зміни напружено-деформаційного стану порід проявляється у добових показниках. У результаті добових коливань під впливом ротаційних і гравітаційних сил геологічне середовище зазнає сильних геологічних напружень (виражених переважно у горизонтальних рухах), які продукують певного роду поверхневі хвилі (Ревуженко, 2000), що, в свою чергу, породжує такого ж роду зміни величин електричного струму, температури і вологості порід. Амплітуда коливання зміщення датчика деформографа у МГДЗ у 4–12 разів вища, ніж така на фонівій ділянці. Результати цих досліджень свідчать, що МГДЗ є своєрідним генератором насамперед механічної енергії, джерелом якої можуть бути стоячі поверхневі хвилі, які синхронно збігаються із ритмікою коливання швидкості обертання Землі і гравітаційних сил Місяця і Сонця. Ці дані дають уявлення про рівень активності геодинамічних процесів в межах МГДЗ.

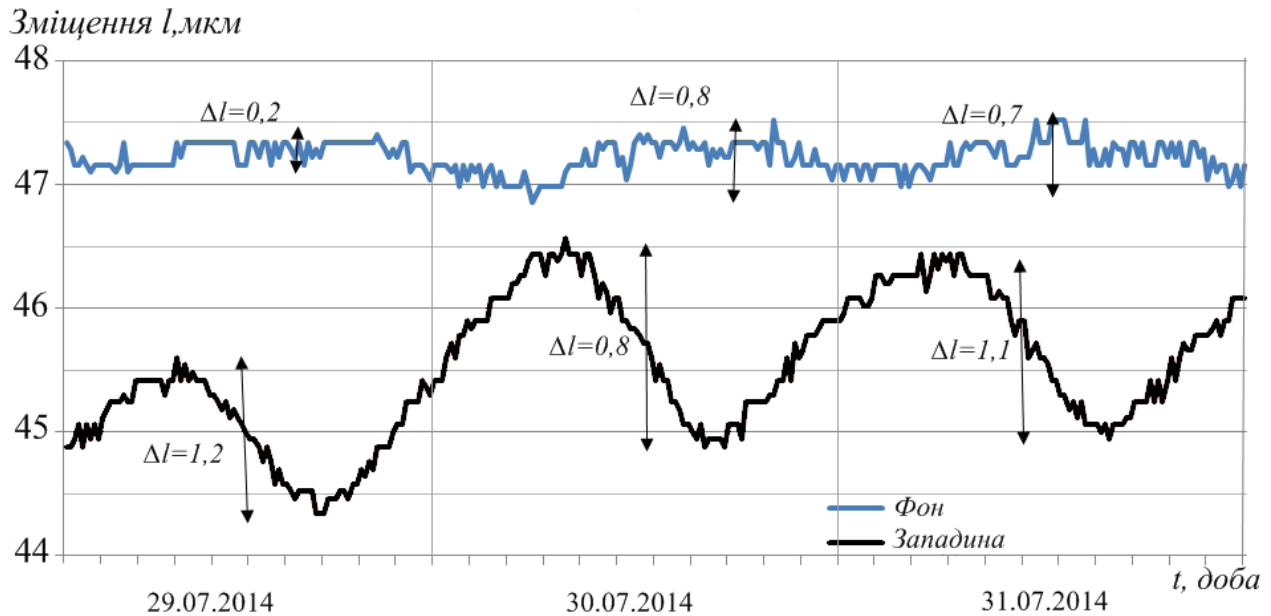


Рис. 3. Добові коливання напружено-деформаційного стану (стиснення–розтягування) порід за даними деформатографа

Fig. 3. The daily fluctuations of the stress-strain state (compression–tension) of soils according to the deformograph

Дослідження мікрогеодинамічних процесів геофізичними методами показують, що верхні горизонти покривних відкладів зазнають коливань зміщень по трьох просторових ортогональних векторах. В. В. Шамаєв показав (Шамаєв, 2011), що амплітуда вертикальних зміщень (в залежності від щільності порід) може досягати 10 мм і більше. За результатами наших досліджень відносно зміщення в породах піщаного складу по горизонталі двох точок у метровому блоці досягає 0,3 мм. При цьому максимальні амплітуди зміщення спостерігаються у МГДЗ.

У часовому вимірі найбільш чітко простежуються добові цикли. У місячних і річних циклах домінуючим є вплив гравітаційної сили Місяця і характер руху Землі по орбіті. Більш складнішими є багаторічні цикли, де збігається низка факторів і сил (гравітаційних, ротаційних, тектонічних і електричних).

Нашими дослідженнями зафіксована залежність мікрогеодинамічних процесів від активності і поляризації магнітного поля Сонця. Так, у 2006–2012 рр. у приземній атмосфері впродовж більшої частини року переважали від'ємні статичні поля із максимумом понад -3000 В/м (23.03.2007 р.). За такого стану між поверхневими і глибокими шарами зони аерації формується різниця електричних потенціалів (електродинамічний градієнт). У результаті цього виникає напруга, яка змушує додатні іони (катіони) і різного роду заряджені

частинки (в тому числі і воду) рухатись у напрямку горизонту із переважаючими електричними від'ємними за знаком потенціалами, тобто до поверхні ґрунтового покриву, а аніони і тверда фаза порід із від'ємним зарядом буде рухатись у протилежному напрямку. Для 2012–2016 рр. були характерні нейтральні статичні поля, які слабо впливали на рух рідкої фази порід і солей. Починаючи з кінця 2016 – початку 2017 рр. на Сонці відбулася зміна магнітних полюсів (реверс магнітного поля), що вплинуло на зміну знаків напруженості електричного статичного поля (E) і приземної атмосфери із від'ємних на додатні. При таких умовах вектор переміщення рідкої (переважно пароподібної) і твердої фаз порід під впливом електричних градієнтів змінився на протилежний (води у нижні горизонти, а більшості солей у верхні).

Максимальний діапазон коливання E при впливі різних чинників в умовах широти дослідних територій може сягати $-10\,000\dots+10\,000$ В/м. Так (за даними спостереження на полігоні «Лютіж»), напруженість електричного поля, генерованого іоносферою інколи сягала $+4000$ В/м (06.01.2017 р). Завдяки атмосферним фронтам і грозовим хмарам значення E перевищувало $+8300$ В/м (17.06.2019) і -8000 В/м (09.08.19), а внаслідок активних геодинамічних процесів (пов'язаних із зміною швидкості обертання Землі) – значення E не перевищувало ± 1000 В/м.

Унаслідок дії коливальних геодинамічних і електродинамічних процесів посилюється корозія металевих арматур і вилогоування цементу, через що в межах МГДЗ досить швидко руйнуються залізобетонні конструкції і трубопроводи. Наведений механізм корозійного пошкодження трубопроводів підтверджується результатами існуючих публікацій. В роботах (Рябоштан, Селюков, 2003) зазначається, що корозійні процеси посилюються при геодинамічній активності розривних порушень, причому це відбувається двояким чином. З одного боку, активізація розломів супроводжується збільшенням концентрації хімічно агресивних флюїдів. З іншого — значне збільшення величини вертикальних і горизонтальних рухів частинок ґрунту в структурах призводить до ефекту «корозія під напругою». Вплив на залізобетонні конструкції коливальних напружень прискорює його механічне і корозійне руйнування майже вдвічі.

ВИСНОВКИ

Розробка містобудівної документації, що передбачає комплексний підхід за наявності необхідної кількості просторово-розподіленої інформації про територію, що розглядається (земельні ділянки) та об'єкти на ній, має включати дані про геодинамічні умови території.

За результатами оцінки зміни напружено-деформованого стану порід витікає ряд закономірних явищ: 1) дані зміни мають хвильовий характер розвитку на рівні добових, сезонних і багаторічних циклів; 2) амплітуда коливання пружних хвиль у МГДЗ у декілька разів більша, ніж така на фонівій ділянці; 3) вектор зміни напруження порід цих двох дослідних ділянок має протилежний напрямок розвитку. Всі дані

свідчать про безперечну присутність у формуванні даних явищ пружних ритмічних хвиль, збуджених, на рівні добових коливань, викликаних гравітаційними силами Місяця і Сонця. Сезонні і багаторічні цикли, ймовірно, пов'язані із зміною швидкості обертання Землі. Енергетично підвищену роботу ритмічних коливань у МГДЗ у декілька разів по відношенню до фоновій ділянці можна пояснити тільки наявністю стоячих хвиль.

Інженерно-будівельні конструкції, що знаходяться в межах геодинамічних зон, зазнають не тільки підвищеного механічного, але і хімічного (електрохімічного) та мікробіологічного впливу. Так, залізисті бактерії, кількість яких у западинних формах у кілька разів вища, ніж така на фонових ділянках, значно зменшують терміни експлуатації сталевих та залізобетонних конструкцій. В межах геодинамічних зон активно відбуваються окислювальні і відновлювальні реакції, які утворюють агресивне середовище для різних будівельних матеріалів.

Чималу роль відіграють питання специфічного розвитку МГДЗ для вибору територій під будівництво особливо небезпечних об'єктів: хімічних заводів, атомних електростанцій, пунктів захоплення радіоактивних відходів та ін., де велике значення має рівень стійкості і захищеності геологічного середовища.

Результати наших досліджень дозволяють розробляти геодинамічні моделі місцевості з урахуванням мікрогеодинамічних процесів на рівні будівельних майданчиків, амплітудно-частотних параметрів й деформацій ґрунтового масиву, відтворювати просторово-часові зв'язки із техногенними динамічними навантаженнями, оптимізувати вибір місця інженерних об'єктів з відповідними конструктивними характеристиками.

REFERENCES

Bohatskyi V. V., 1986. Mechanism of formation of ore field structures. Moscow, Nedra, 89 p. (In Russian).

Bublias M. V., Bubljas V. M., 2012. Impact of natural electric currents and micro-geodynamic processes on the lithogenesis of covering deposits. *Collection of Scientific Works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine*, vol. 5. Pp. 254–259. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2012.150468>. (In Ukrainian).

Solovitsky V. N., 1970. Geological map of sheets M-36–45-B, Г, М-36–50-A, В, scale 1:50 000. Report of geological surveying No. 46 of the right-bank expedition of 1964–1970, Kiev. No 31787 (In Russian).

Богацкий В. В. Механизм формирования структур рудных полей. Москва: Недра, 1986. 89 с.

Бублясь М. В., Бублясь В. М. Вплив природних електричних струмів і мікрогеодинамічних процесів на літогенез покривних відкладів. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. 2012. Вип. 5. С. 254–259. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2012.150468>.

Геологическая карта масштаба 1:50 000 листов М-36–45-B, Г, М-36–50-A, В (Бориспольский, Броварской и Киево-Святошинский районы Киевской области). Соловицкий В. Н. и др. Отчет геологосъемочной партии № 46 Правобережной экспедиции по работам 1964–1970 гг., Киев, 1970. Геоинформ України. Инв. № 31787.

- Kolot E. I., Cuisina L. P., Kutovoy V. I., Lavrik V. F., Marakhovsky I. I., Selin I., Solovitskiy V. N., Shestopalova E. V., 1984. Geological map of the Ukrainian SSR, scale 1:50 000. Kiev industrial area. In 2 parts V 2. Kiev, 142 p. (In Russian).
- Demchyshyn M. G., Kril T. V., 2012. Geodynamic conditions as the main factor of functional zoning populated areas. Modern information technology management environmental safety, environmental management, measures in emergency situations: Proceedings of the 10th Int. Sci.-Practic. Conf., Kyiv – Kharkiv – Crimea, 2012. Kyiv. Pp. 281–288. (In Ukrainian).
- Kril T. V., 2015. Technogenic dynamic influences on the geological environment of city (on an example of Kyiv). Kyiv: Naukova Dumka, 160 p. (In Ukrainian).
- Kotlov F. V., 1978. Changing the geological environment due to human activity. Moscow: Nedra, 263 p. (In Russian).
- Orlenko N. Y., Antoniuk A. E., Maslov Yu. A., Kendzera A. V., Omelchenko V. D., Sokovynna N. Kh., Levashov S. P., Demchyshyn M. H., Rybyn V. F., Dyshlyk A. P. 2010. Engineering protection of territories, monitoring and protection of the architectural heritage of the historic centre of Kiev. Geotechnical problems of megacities: Pr. International Conf. on geotechnics (Moscow, June 7–10 2010). Moscow. Pp. 1603–1610. (In Russian).
- Petrov L. N., 1986. Voltage corrosion. Kiev: Vyshcha Shkola, 142 p. (In Russian).
- Revuzhenko A. F., 2000. Mechanics of elastic-plastic media and non-standard analysis. Novosibirsk, 428 p. (In Russian).
- Riaboshtan Yu. S., Seliukov E. I., 2003. Modern instability of the lithosphere and safety of pipeline communications and infrastructure. *Petroleum engineering (Neftegazovoe delo)*, No 1. Pp. 56–72. (In Russian).
- Seliukov E. I., Stigneeva L. T., 2010. Short essays practical microhemodynamic. Sankt-Peterburh: Piter, 176 p. (In Russian).
- Starostenko V. I., Baran P. I., Barshchevskiy N. E., Horlytskyi B. A., Demchyshyn M. G., Yvanchenko E. P., Kendzera A. V., Kobolev V. P., Kutas V. V., Levashov S. P., Lialko V. I., Nesterenko H. F., Omelchenko V. D., Palyenko V. P., Rybin V. F., Sergienko N. T., Spitsa R. A., Sushko V. K., Chernokon V. Ya. 2001. Kyiv: Geology, Geophysics and environmental factors, adversely affecting it. *Geophysical journal (Ukraine)*, vol. 23. No 4. Pp. 3–38. (In Russian).
- Paliienko V. P. (Ed.), 2005. Modern relief dynamics of Ukraine. Kyiv: Naukova Dumka, 268 p. (In Ukrainian).
- Shamaev V. V., 2011. On the formation of tectonic and deformation structures that determine the nature of deformation of rock massif. *Scientific papers of DonNTU. Series: "The Mining and Geology" (Naukovi pratsi DonNTU. Seriiia Hirnycho-Heolohichna)*, iss. 13 (178). Pp. 98–106. (In Russian).
- V. M. Shestopalov, V. N. Bublyas, 2016. On formation of depression-channel migration structures. *Geological journal (Ukraine)*, no. 3 (356). Pp. 73–88. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2016.3.97248>. (In Russian).
- Геологическая карта Украинской ССР масштаба 1:50 000. Киевский промышленный район. Объясн. зап. в 2 ч. Ч. 2. Киев. Колот Э. И., Кузишина Л. П., Кутовой В. И., Лаврик В. Ф., Мараховская И. И., Селин Ю. И., Соловицкий В. Н., Шестопалова Е. В. Киев, 1984. 142 с.
- Демчишин М. Г., Кріль Т. В. Геодинамічні умови як основний фактор функціонального зонування населених місць. *Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: Матеріали 10-ї міжнар. наук.-практ. конф., Київ – Харків – АР Крим, 2012. Київ, 2012. С. 281–288.*
- Кріль Т. В. Техногенні динамічні впливи на геологічне середовище міста (на прикладі м. Києва). Київ: Наук. думка, 2015. 160 с.
- Котлов Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. Москва: Недра, 1978. 263 с.
- Орленко Н. И., Антонюк А. Е., Маслов Ю. А., Кендзера А. В., Омельченко В. Д., Соковнина Н. Х., Левашов С. П., Демчишин М. Г., Рыбин В. Ф., Дышлык А. П. Инженерная защита территорий, мониторинг и охрана архитектурного наследия исторического центра Киева. *Геотехнические проблемы мегаполисов: Тр. междунар. конф. по геотехнике (Москва, 7–10 июня 2010 г.)*. Москва, 2010. Т. 5. С. 1603–1610.
- Петров Л. Н. Коррозия под напряжением. Киев: Вища шк., 1986. 142 с.
- Ревуженко А. Ф. Механика упругопластических сред и нестандартный анализ. Новосибирск, 2000. 428 с.
- Рябоштан Ю. С., Селюков Е. И. Современная нестабильность литосферы и безопасность трубопроводных коммуникаций и инфраструктур. *Нефтегазовое дело*. 2003. № 1. С. 56–72.
- Селюков Е. И., Стигнеева Л. Т. Краткие очерки практической микрогеодинамики. С.-Петербург: Питер, 2010. 176 с.
- Старостенко В. И., Баран П. И., Барщевский Н. Е., Горлицкий Б. А., Демчишин М. Г., Иванченко Е. П., Кендзера А. В., Коболев В. П., Кутас В. В., Левашов С. П., Лялько В. И., Нестеренко Г. Ф., Омельченко В. Д., Палиенко В. П., Рыбин В. Ф., Сергиенко Н. Т., Спица Р. А., Сушко В. К., Черноконь В. Я. Киев: геология, геофизика окружающей среды и факторы, неблагоприятно на нее влияющие. *Геофізичний журнал*. 2001. Т. 23, № 4. С. 3–38.
- Сучасна динаміка рельєфу України: Палієнко В. П. (ред.). Київ: Наук. думка, 2005. 268 с.
- Шамаев В. В. О формировании тектонических и деформационных структур, определяющих характер деформирования массива горных пород. *Наукові праці ДонНТУ. Сер.: Гірничо-геологічна*. 2011. Вип. 13 (178). С. 98–106.
- Шестопалов В. М., Бублясь В. Н. О формировании западинно-канальных структур миграции. *Геологічний журнал*. 2016. № 3 (356). С. 73–88. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2016.3.97248>.

Manuscript received January 30, 2020;
revision accepted June 12, 2020.

Інститут геологічних наук НАН України,
Київ, Україна

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ МИКРОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОГЕННЫХ ВИБРАЦИЙ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ

Т. В. Криль, В. Н. Бублясь

Проанализировано влияние геодинамических полей на изменения напряженно-деформационного состояния грунтов. Потенциальное снижение деформационных и прочностных свойств грунтов связано с геодинамической активностью территории и, в частности, микрогеодинамическими процессами в пределах отдельных блочных структур. Выделено техногенные вибрационные воздействия, которые могут быть сопоставлены с естественными процессами возбуждения колебаний частиц грунтов. Приведены примеры деструктивного негативного влияния периодических процессов сжатия–растяжения в верхней части грунтовой толщи на состояние инженерных объектов. По результатам экспериментальных исследовательских работ на территории было установлено влияние электрических токов, генерируемых в атмосфере и литосфере, на процессы выщелачивания и транспортировки ряда химических элементов в грунтах зоны аэрации. Для надежной эксплуатации инженерных объектов при проектировании предлагается учитывать не только разломы по их плотности в пределах единицы площади, но и в пределах блочных структур выделять зоны с микрогеодинамическими процессами, где происходят аномально высокие колебания напряженно-деформационного состояния пород, геохимические, электродинамические, гидродинамические и термодинамические процессы.

Ключевые слова: геодинамические условия, территориальная деятельность, микрогеодинамические зоны, ротационные силы, стоячие волны, западинные формы, электрические явления, напряженно-деформационное состояние пород.