

ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННІ ДЕФОРМАЦІЇ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ЯК ПОКАЗНИК ГЕОДИНАМІЧНОГО РИЗИКУ

© Волошин П.К., 2002

Приведены результаты изучения вертикальных деформаций земной поверхности центральной части г. Львова. Установлено, что максимальная амплитуда смещений составляет 370 мм. Деформации обусловлены природными и техногенными факторами. Они являются важным фактором геодинамического риска.

The paper consists of the information about land surface deformations in the central part of Lviv. The upward and downward vertical deformations of the surface have been determined. Their total amplitude amounts 370 mm. The deformations are caused by a natural and manmade factors. The deformations development is important factor of a geodynamic risk.

Серед багатьох чинників, що дестабілізують екологічну ситуацію на урбанізованих територіях, деформації земної поверхні виступають як один із основних. Вони істотно впливають на середовище життєдіяльності людини, ускладнюють функціонування багатьох типів природно-техногенних геосистем, нерідко призводять до їх повного руйнування.

Деформації поверхні є наслідком розвитку у верхніх шарах літосфери та на її поверхні процесів різного виду інтенсивності і просторово-часового масштабу.

Вони істотно відрізняються за генезою, характером і масштабами прояву та небезпечністю, яку створюють інженерно-господарським об'єктам.

Найнебезпечнішими в асейсмічних районах вважаються деформації, зумовлені зсувними та карстово-суфозійними процесами. Внаслідок їх розвитку зміщення земної поверхні можуть досягати десятків і навіть сотень метрів і спричиняти природно-техногенні аварії і катастрофи. Тому вивченню цих процесів приділяється надзвичайно велика увага [1]. Їх дослідження, прогнозування і врахування у проектуванні, будівництві й експлуатації споруд є обов'язковим. Воно регламентується низкою державних нормативних документів, а його результати дозволяють істотно знизити ризик виникнення надзвичайних ситуацій. Крім того, деформації цього типу останнім часом розглядаються як важливий чинник страхового ризику.

Зовсім інакше виглядає ситуація із вивченням і врахуванням у практичній діяльності повільних, незначних за абсолютними величинами деформацій поверхні, зумовлених природними, передусім ендегенними та природно-антропогенними процесами.

Швидкість розвитку деформацій цього типу загалом невелика від часток до 1 – 2, рідше 5 – 10 мм за рік. Але якщо вони відбуваються протягом тривалого часу, що особливо характерно для древніх міст, то неважко підрахувати величини сумарних зміщень, які можуть значно перевищувати допустимі величини. Незважаючи на очевидність наведеного, цей тип деформацій тривалий час, а почасти і тепер, не вивчається і не враховується при вирішенні багатьох інженерно-технічних проблем містобудування.

Лише останнім часом вони стали об'єктом підвищеної уваги дослідників [2 – 8]. Натомість нормативна база, яка б регламентувала необхідність врахування цього типу деформацій практично відсутня. Це своєю чергою стримує розробку методологічної, методичної основи та інструментарію вивчення цих деформацій, що в підсумку підвищує ризик виникнення надзвичайних ситуацій.

Вкрай актуальними ці проблеми є і для території м. Львова.

Нижче розглянемо результати вивчення повільних деформацій земної поверхні у його центральній частині.

Підставою для дослідження цих процесів послугувало масове ушкодження, а в окремих випадках і повне руйнування інженерних об'єктів.

У цій частині міста, яка у 1998 р. була внесена до списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО, нараховується понад 500 аварійних будівель, значна частина яких є цінними зразками архітектури. На водонесучих мережах щорічно відбуваються сотні аварій.

Капітальний ремонт деформованих будинків та ушкоджених комунікацій докорінно ситуації не змінює. Відремонтовані споруди та інженерні мережі через певний проміжок часу продовжують деформуватися.

Центральна частина Львова розташована у межах Львівської улоговини, утвореної з обох боків врізаними долинами р. Полтви та її приток. Дно улоговини являє собою плоску, важко заправну терасу р. Полтви шириною 500 – 800 м.

Проведені нами детальні дослідження показали, що у геологічній будові днища берегів строкатий за літологічним складом комплекс алювіально-болотних та алювіальних відкладів, що залягають на розмитій поверхні верхньокрейдових мергелів. У розрізі зустрічаються глинисті ґрунти, часто заторфовані, нерідко з прошарками сильно-і середньомореного торфу потужністю до 1,5 – 2,4 м. Дещо менші за площею ділянки складені з середньоморено-і дрібнозернистими пісками. З поверхні повсюдно залягає потужна (від 2 – 3 до 5 – 9 м) товща техногенних ґрунтів.

Схили улоговини складені верхньокрейдовими мергелями, пісками нижнього баденію та піщано-глинистим делювієм, перекритим ґрунтами культурного шару.

Ґрунтові води поширені переважно у днищі улоговини на глибині від 2,0 – 4,0 до 6,0 – 10,5 м.

Для з'ясування причин виникнення кризової ситуації, що охопила центр міста, у межах "Комплексної програми збереження історичної забудови Львова", затвердженої Кабінетом Міністрів України, проведено спеціальні геоecологічні дослідження. Вони включали детальне (у масштабі 1:2000) інженерно-геологічне, гідрогеологічне, геоморфологічне, історико-географічне вивчення цієї частини Львова. Чільне місце було відведено інструментальним дослідженням деформацій земної поверхні. Зокрема було виконано високоточне (2 класу) нівелювання 49 стінних реперів, аналіз і порівняння результатів аналогічних робіт, проведених у 1887, 1914, 1934, 1974 роках.

На основі отриманих даних побудовано серію комп'ютерних картографічних моделей оцінкового типу, що характеризують як природну (геологічне середовище), так і техногенну (будівлі, інженерні мережі тощо) складові досліджуваних природно-техногенних геосистем. Отримані результати вказують на досить складну, мозаїчну картину деформацій земної поверхні, що відбулися за період з 1974 по 2001 рік (рис. 1).

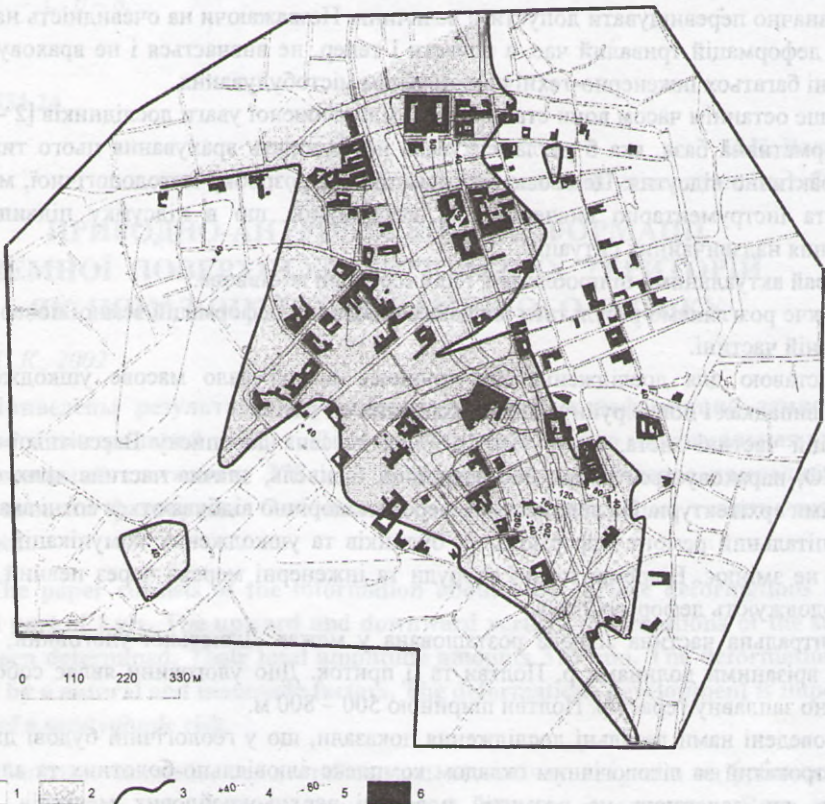


Рис. 1. Карта деформацій земної поверхні центральної частини Львова:

- 1 – деформації земної поверхні додатного знака; 2 – деформації земної поверхні від'ємного знака;
- 3 – межі ділянок з різним типом деформацій; 4 – лінії однакових деформацій додатного знака;
- 5 – лінії однакових деформацій від'ємного знака; 6 – деформовані будівлі

Як видно з рис. 1, на досліджуваній території існують деформації додатного і від'ємного знаків. Різні за знаком зміщення поверхні чітко локалізуються у просторі. Від'ємні – фіксуються переважно у прирусловій частині каналізованого русла р. Полтви. Додатні – на прибортових її ділянках та на схилах улоговини.

Деформації від'ємного знака за період з 1974 по 2001 рік за абсолютною величиною змінюються від 1,5 до 301,7 мм. Додатні коливаються у діапазоні 0,5 – 68,3 мм. Сумарна амплітуда змін абсолютних позначок земної поверхні дорівнює 370 мм.

Пересічні значення від'ємних і додатних деформацій становлять відповідно 64,2 і 32,8 мм. Середня швидкість осідання поверхні становить 2,4 мм на рік, піднімання – 1,2 мм на рік.

На значні за інтенсивністю зміщення земної поверхні вказують також результати високоточного нівелювання, виконаного у 1887, 1914 і 1934 роках [11].

Максимальні осідання реперів за 27 річний період становили 354 мм, а піднімання за 47 років – 327 мм. Пересічні значення осідань за період з 1887 по 1914 рр. становлять 35 мм, з 1914 по 1934 р.р. – 29,8 мм.

Швидкість осідання поверхні в середньому дорівнює 1,5, а піднімання 1,3 мм за рік. Порівняння швидкості перебігу деформацій у довоєнний час і за період з 1974 по 2001 рр. показали, що осідання поверхні за останніх 27 років зросло в 1,6 раза. Швидкість висхідних рухів практично не змінилася.

Зафіксовані у центральній частині Львова, яка охоплює невелику за площею територію (близько 2 км²), різнополюсні деформації можуть вказувати на їх полігенетичність. Зміщення земної поверхні додатного знака слід пов'язувати насамперед з розвитком сучасних тектонічних рухів.

Про наявність висхідних рухів на території Львова свідчать численні літературні джерела [1, 10, 11]. За різними оцінками їх швидкість коливається у широких межах від 2,9 мм [11] до 10 мм за рік [1, 10]. Незважаючи на істотну різницю в абсолютних значеннях, існує чітко виражена загальна тенденція. Її існування підтверджується також і нашими даними. Правда, проявляються деформації цього типу лише на схилах улоговини. Але пояснити їх походження нетектонічними чинниками практично неможливо. Стосовно суттєвих розбіжностей у швидкості висхідних деформацій, то вони можуть бути зумовлені нерівномірністю рухів земної кори, недосконалістю систем вимірювання, неоднаковою тривалістю періодів між вимірюваннями та різними за генезою техногенними чинниками.

Просторовий аналіз абсолютних значень деформацій, наприклад, показує, що в міру віддалення від дна долини р. Полтви вони істотно зростають. У цьому ж напрямку зменшується глибина залягання мергелів і потужність пухких відкладів, що їх перекривають.

Тобто пухкі, добре стискувані ґрунти завантажені зверху інженерними спорудами можуть відігравати роль своєрідного амортизатора, що нівелює швидкість сучасних тектонічних рухів.

Деформації земної поверхні від'ємного знака мають, з нашої точки зору, іншу природу. Можливість, інтенсивність та масштаби їх розвитку визначаються як природними, так і техногенними чинниками.

Серед природних чинників провідну роль відіграє геологічна будова, передусім літологічний склад антропогенових відкладів та їх потужність. Найконтрастніші осідання поверхні характерні для ділянок, складених слабкими (з модулем загальної деформації менше 5,0 МПа) породами (торфи, заторфовані, техногенні ґрунти тощо) здатними до

істотного ущільнення під впливом статичних і вібродинамічних навантажень, зволоження та дегідратації, про це свідчать дані, показані на рис. 2.

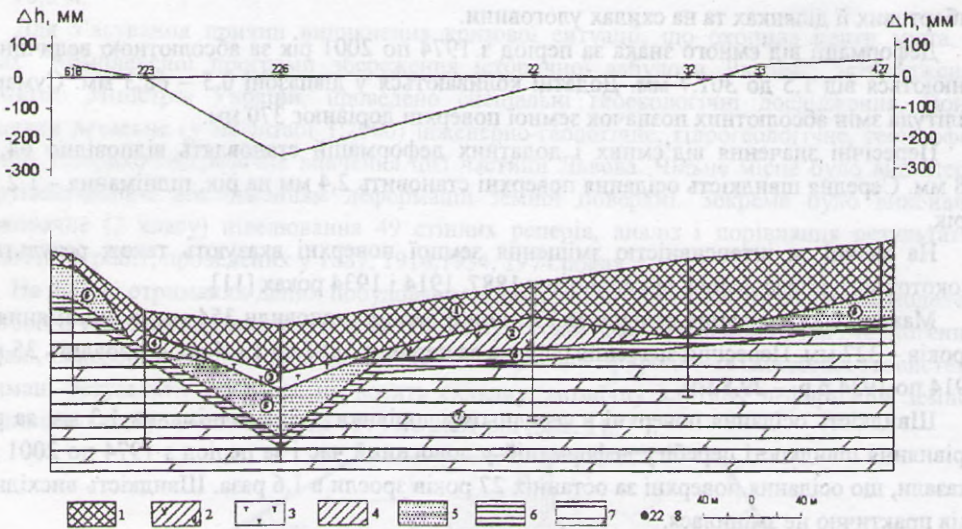


Рис. 2. Вертикальні рухи висотних реперів (1974 – 2001 рр.)
та їх зв'язок з геолого-геоморфологічними умовами:

1 – техногенні ґрунти; 2 – заторфовані суглинки; 3 – торфи; 4 – суглинки;
5 – піски; 6 – глини; 7 – мергелі; 8 – номер висотного реперу

Як видно з рис. 2, деформації від'ємного знака з'являються на відтинку з великою потужністю техногенних ґрунтів (понад 6 м), дещо збільшуються з появою у розрізі заторфованих суглинків, досягаючи найвишого значення на ділянці з максимальною (до 1,5 м) товщею торфу. Але сама по собі присутність у розрізі слабких ґрунтів, з нашої точки зору, не є безпосередньою причиною значного за інтенсивністю та масштабами осідання земної поверхні. Їх наявність та потужність є провідною природною передумовою для розвитку деформацій. Головною ж рушійною силою в таких умовах є різний за характером та інтенсивністю техногенний вплив.

Деформування земної поверхні відбувається переважно внаслідок ущільнення слабких ґрунтів під впливом статичного навантаження, створеного потужною (від 3 – 6 до 9 м) товщею ґрунтів культурного шару та щільною периметральною забудовою території. Техногенні ґрунти через наявність значної кількості органіки та її окислення здатні також до самоущільнення. Сумарний антропогенний тиск на багатьох ділянках перевищує 2 – 3 кг/см², зумовлюючи розвиток у глинистій товщі процесів консолідації та об'ємної повзучості.

Крім того, додаткове осідання поверхні стимулюється вібраційним навантаженням від транспорту. Вплив цього чинника було детально вивчено при проведенні спеціальних геотехнічних досліджень для капітального ремонту Львівського театру опери і балету [5]. Довготривалими компресійними спостереженнями було встановлено, що генероване різними видами транспорту (передовсім рейкового) вібраційне поле прискорює розвиток деформацій об'ємної повзучості слабких ґрунтів на 15 – 30 %.

Потужним чинником, що сприяє осіданню поверхні, є дегідратаційне ущільнення насичених водою слабких ґрунтів у місцях дренажу ґрунтових вод пошкодженими підземними інженерними мережами та зміни властивостей порід на ділянках антропогенного підтоплення.

Наведені дані показують, що абсолютні величини осідання земної поверхні визначаються переважно будовою і властивостями геологічного середовища, характером, інтенсивністю і тривалістю антропогенного впливу на нього.

Розглядаючи причини і закономірності розвитку осідань земної поверхні закономірно постає питання про роль у цьому процесі техногенного чинника. З нашого погляду, значні за швидкістю зміщення природно-антропогенної генези не лише компенсують незначні за величиною висхідні сучасні тектонічні рухи, але й значно перевищують їх.

Враховуючи результати новітніх досліджень сучасних тектонічних рухів [2, 3], не потрібно повністю відкидати й дещо іншого шляху розвитку деформативних процесів на досліджуваній ділянці. Суть його полягає у тому, що у сфері динамічного впливу платформених асейсмічних розломів різного типу і порядку можуть виникати зони геодинамічних аномалій. Ці аномалії характеризуються високою амплітудою вертикальних і горизонтальних рухів (до 50 – 70 мм за рік), короткою періодичністю (0,1 – 1,0 рік), просторовою локалізацією (0,1 – 1,0 км) пульсаційною і знакозмінною спрямованістю [3]. Можливість розвитку деформацій такої генези зумовлена тим, що долина р. Полтви закладена вздовж тектонічного порушення, що простягається у напрямку Пасіки – Снопків – Голоско. На значні тектонічні рухи від'ємного знака у недалекому минулому вказує також потужна товща відкладень голоцену. Остаточну відповідь на запитання про роль тектонічного чинника у розвитку процесів осідання центральної частини Львова можуть дати лише спеціально організовані спостереження за зміщенням поверхневих і глибинних (закладених у мергелі та перекриваючі їх ґрунти) реперів.

Аналіз карт, які відображають деформації земної поверхні та аварійність будівель (рис. 1), показав, що переважна більшість аварійних споруд розташована на території, що зазнає різних за масштабом осідань. Частина із них знаходиться у пограничній зоні, у межах якої знак деформацій змінюється на протилежний. Дещо менша, але також досить велика кількість ушкоджених об'єктів розташована у районі, що характеризується висхідними тектонічними рухами. В аналогічних умовах розміщені і ділянки, де зафіксовано багаторазові (в одному й тому ж місці) повторення аварійних ситуацій на водонесучих мережах. Виведення їх з ладу призводить до значних економічних та екологічних збитків. Розгерметизація каналізаційних колекторів, наприклад, супроводжується цілою низкою супутніх процесів, таких як антропогенна суфозія, підтоплення, забруднення ґрунтових і підземних вод тощо.

Безумовно, повільні деформації земної поверхні не є універсальною причиною ушкодження і руйнування різних типів інженерно-господарських об'єктів, розташованих у центральній частині Львова, але небезпека, яку несуть ці процеси, дозволяє розглядати їх як важливий чинник геодинамічного ризику урбосистем.

У зв'язку з цим вони потребують детального комплексного вивчення. Оптимальним способом реалізації цього вкрай важливого й актуального завдання є створення у центральній частині Львова, а згодом і на всій його території спеціального техногенного геодинаміч-

ного полігона. У його межах доцільно закласти базову мережу глибинних (встановлених у мергелі і перекриваючі їх ґрунти) і поверхневих реперів. Ці репери треба розташувати у місцях локалізації діючої мережі точок комплексного геоecологічного моніторингу.

У цих точках ведуться спостереження за гідродинамічним і гідрохімічним режимом ґрунтових і артезіанських вод, змінами стану і властивостей гірських порід. Синхронні спостереження за зміщенням поверхневих і глибинних реперів дозволять кількісно оцінити значення тектонічного і техногенного чинника у їх розвитку, а також виявити особливості впливу антропогенних змін окремих складових геологічного середовища на динаміку деформаційних процесів.

Результати таких комплексних спостережень будуть слугувати надійною інформаційною основою для прогнозу деформацій та розробки науково-обґрунтованих заходів із забезпечення стійкості природно-технічних геосистем, підвищення рівня екологічної комфортності життєдіяльності у центральній частині Львова.

1. Гофштейн И.Д., Сомов В.И. Карта современных вертикальных движений земной коры западной части Украины // *Современные движения земной коры*, 1973. – № 5. – С. 89 – 93.
2. Кузьмин Ю.О. Оценка геодинамического риска объектов нефтегазового комплекса // *Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности*. – М.: Наука, 2000. – С. 334 – 344.
3. Кузьмин Ю.О. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов // *Геологическое изучение и использование недр: Научно-технический сборник*. – М.: Геоинформмарк, 1996. – Вып.4. – С. 43 – 53.
4. Несмеянов С.А., Ларина Т.А., Латыннина Л.А. и др. Выявление и прогноз опасных разрывных тектонических движений при инженерных изысканиях для строительства // *Инженерная геология*. – № 2, 1992. – С. 17 – 31.
5. Огоноченко В.П. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для реконструкции здания театра оперы и балета в г. Львове. – Львов, 1981 (Архів ГТІ).
6. Палиенко В.П. К проблеме оценки эколого-неогеодинамического риска в Украине // *Матер. наук.-практ. конф.* – К., 1997. – С. 93 – 97.
7. Палієнко В.П. Концептуальні засади оцінки еколого-неогеодинамічного ризику // *Науково-техн. симпоз. Геомоніторинг-99* (13 – 16 листопада 1999 р. – Моришин – Львів, 1999. – С. 70 – 73.
8. Палієнко В. До проблеми сучасного геоморфогенезу та оцінки геодинамічного ризику // *Україна та глобальні процеси: географічний вимір*. – Т. 2. – Київ – Луцьк, 2000. – С. 70 – 74.
9. Суюбкова А.И. Роль природных и антропогенных геологических процессов в развитии вертикальных смещений земной поверхности г. Москвы // *Тр. ПНИИИС*. – Т. 16. – М., 1972. – С. 13 – 17.
10. Соколовский И.Л., Волков Н.Г. Методика поэтапного изучения неотектоники. – К.: Наукова думка, 1965. – 135 с.
11. Сомов В.И. Современные вертикальные движения земной коры западных районов Украины. – К.: Наукова думка, 1977. – С. 3 – 9.
12. Weiczkievicz E. Niwelacja precyzyjna na obszarze Wielkiego Lwowa wykonana w roku 1934 // *Czasopismo Techniczne*. – № 6. – Tom 54. – Lwow, 1936. – С. 97 – 104.