

ENGINEERING AND GEOLOGICAL FEATURES OF SOILS FUNDAMENTALS BUILDINGS AND ENGINEERING NETWORKS OF THE DNIPRO CITY

E. Maksymova
Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine
elmaks28@gmail.com

Abstract. The analysis of engineering and geological properties of soils both in the natural state and under the influence of human economic activity is performed in the work. The researches from the point of view of conditions of construction and operation of buildings and constructions of engineering infrastructure of the city of Dnipro are proved. As a result of the analysis of specific geomorphological zones, specific examples of violations of the operation of buildings on subsidence soils, a number of measures are proposed for maintenance and operation of buildings and structures located in areas composed of subsidence soils, on the example of specific areas exposed to past man-made events. An analytical assessment of the ecological catastrophe on the territory of the Topolya 1 railway in 1997 is provided. The paper considers a principled approach to the principles and conditions of operation of buildings and structures on specific subsidence soils of the city of Dnipro.

Key words: exploitation, engineering networks, building, subsidence soils, landslide.

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ҐРУНТІВ ПІДСТАВ БУДІВЕЛЬ ТА ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ МІСТА ДНІПРО

Е. Максимова
НТУ "Дніпровська політехніка", Дніпро, Україна
elmaks28@gmail.com

Анотація. В роботі виконано аналіз інженерно-геологічних властивостей ґрунтів як в природньому стані, так і під впливом господарської діяльності людини. Доведені дослідження з точки зору умов будівництва і експлуатації будівель та споруд інженерної інфраструктури міста Дніпро. Внаслідок аналізу конкретних геоморфологічних зон, конкретних прикладів порушень умов експлуатації будівель на просідальних ґрунтах, пропонується ряд заходів по утриманню і експлуатації будівель і споруд, розташованих на територіях, складених просідальними ґрунтами, на прикладі конкретних районів, які піддавалися в минулому негативним подіям техногенного характеру. Надається аналітична оцінка екологічної катастрофи на території ж/м "Тополя -1" у 1997 році. В роботі розглядається принциповий підхід до принципів і умов експлуатації будівель і споруд на специфічних просідальних ґрунтах міста Дніпро.

Ключові слова: експлуатація, інженерні мережі, будівлі, просідальні ґрунти, зсув.

Вступ. Інженерно-геологічні властивості ґрунтів підстав будівель і споруд міста Дніпро мають цілу низку особливостей. Вони обумовлені тим, що територія міста розташована по долинах річок Дніпро і Самара, які розсікають місто на три частини -лівобережжя, правобережжя, Придніпровськ та Ігрень. Через таку природну будову території, типи ґрунтів мають різні інженерно-геологічні властивості, що безпосередньо відбивається на умовах проектування і будівництва будівель та споруд.

В статті надана аналітична оцінка інженерно-геологічних умов міста Дніпро на основі матеріалів інженерно-геологічних вишукувань, зібраних автором у різні роки, в тому числі матеріали управління інженерного захисту території міста дніпропетровської міськради, яке автор очолювала протягом декількох років.

Актуальність. Місто Дніпро є одним з великих і густонаселених мегаполісів України з широко розвиненою інфраструктурою. У 2020 році місто відзначало 244 річницю свого існування. Але ця дата вважається віком Катеринослава. Історики вважають, що будівництво житла почалося близько 500 років тому. Будувалося житло, проводилися комунікації. Місто успішно розросталося і функціонувало на просадних ґрунтах, на властивості яких сьогодні намагаються перекласти провину критичних помилок ведення міського комунального господарства. З огляду на густу забудову, насиченість підземного простору комунікаціями, питання розуміння й формування грамотного підходу до експлуатації будівель і споруд на просідаючих ґрунтах, є вельми актуальним.

Мета. Метою роботи є аналіз інженерно-геологічного стану ґрунтів міста Дніпро з точки зору умов проектування, будівництва і експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж. Необхідно звернути увагу на необхідність виконання нормативних вимог при будівництві та експлуатації будівель та інженерних мереж на просадних ґрунтах

Суть досліджень. Місто Дніпро складено просідальними лесовидними суглінками та порізано густою яружно-балочною мережею. Більше десятка балок дуже великі. В правобережній частині міста яскраво виражені суфозійні та просідальні процеси, обвали, провали, підтоплення та зсуви. Більше 90% цих геомеханічних процесів викликано господарською діяльністю людини і лише 10% утворилися під впливом природних факторів [1]. За літературними даними різних джерел, втрати з мереж водопостачання та каналізації складають від 30% до 40%. В результаті цього, геологами відзначено купольне насичення ґрунтів підстав міських споруд, яке призводить до активізації підтоплення та обвальнотсувних явищ. Отже при незначних витках на просідальних ґрунтах, відбуваються активні деформації підстав і інженерних мереж, які схильні до корозії і експлуатуються протягом тривалого періоду без капітальних ремонтів. Внаслідок цих деформацій, мережі «рвуться», утворюються ще більші просідання ґрунтів, а потім - провали. На ділянках, де в основі присутні лесовидні супіски, піщані частинки «підхоплюються» водними струменями і відбувається суфозійний процес, який так само призводить зрештою до утворення пустот, пазух і, в гіршому випадку, формує поверхню ковзання майбутнього зсуву.

При накладенні всіх цих факторів, плюс при інфільтрації зливових опадів під фундаменти, які не ремонтувалися десятками років, руйноване асфальтове покриття, напівзруйновану та засмічену зливову каналізацію, а також при наявності навантажень від будівель і споруд та вібрації транспорту, відбуваються так звані аварії техногенного характеру (рис. 1).



Рисунок 1. Зруйнована дощова камера . Схил Рибальської балки вздовж проспекта Олександра Поля [фото автора].

Однак, при всіх цих складнощах геологічної будови, м.Дніпро не є винятком, в світі успішно забудовується безліч мегаполісів і з більш складними інженерно-геологічними умовами.

За даними наших досліджень в управлінні інженерного захисту дніпропетровської місьради, з 31 900 кв. км площі Дніпропетровської області - 145 кв. км зайняті зсувами і 1 660,0 кв. км підтоплені. Якщо 25 років тому в межах міста Дніпропетровська спостерігалось 15 зсувних ділянок, то на 2015 рік їх налічувалось понад 100, загальною площею близько 6 кв. км., з яких 26 усталених і 74 активних. Останнім часом на 45% території міста Дніпропетровська, за умов інтенсивного техногенного впливу, активізувались небезпечні геологічні процеси, самі небезпечні з яких, це зсувні явища. На території м. Дніпро виявлено більш 142 зсувонебезпечних ділянок площею більш 5000 га. Матеріальні збитки від зсувів природно-техногенного характеру величезні. На сьогодні дані відсутні.

Лівобережна частина - полого рівнина, яка спускається до Дніпра. породи залягають практично горизонтально, складені супісками і пісками. Коренні докембрійські граніти Українського кристалічного щита зустрінуті свердловинами на глибині 11-12 м в районі проспекту Воронцова, а починаючи від Підгороднього вони йдуть углиб і свердловинами, завглибшки 50 м не були знайдені.

Правобережна частина міста, з площею біля 18 тис. га, характеризується високим рельєфом та ерозійною роздробленістю. На цій території розташовані 15 балок та більш 20 ярів, глибина яких досягає 30-40 м. Верхів'я й тальвеги балок на сьогодні забудовані. Не забудовані ділянки варварськи засипані твердими побутовими відходами та будівельним сміттям. В результаті такої засипки, перекрита можливість природного дренажу підземних вод і поверхневого стоку в яружно-балочну мережу, що призвело до підпору в сторону забудованих територій і підтоплення значної частини житлового фонду за всіма основними балками міста - Євпаторійській (ж/м «Сокіл»), зустрічній (ж/м «Тополя»), Червоноповстанської (перетинає місто від Запорізького шосе, вздовж пр. Богдана Хмельницького і вулиці Саксаганського, потім - вулиці Святослава Хороброго, Паторжинського і уздовж вулиць Південна і Виконкомівська йде під асфальтове покриття до Катеринославського бульвару, де замурується в колектори і виходить до Дніпра під землею через центр міста), Рибальській (перетинає місто від вул. Титова і вздовж пр. Олександра Поля проходить до вул. Ульянова), Аптекарьській (проходить уздовж вулиці Робочій), Діївській (Новокодакський район). Як наслідок цього процесу, на деяких ділянках схилів відбулися зсувні явища, на деяких йде процес їх формування. Саме в правобережній частині міста яскраво виражені суфозійні та просідальні процеси, обвали, провали, підтоплення та зсуви. Через втрати з систем водопостачання та каналізації, відбувається постійний підйом рівня підземних вод, який призводить до активізації підтоплення та обвальо-зсувних процесів. Загальна схема цих процесів наведена на рис. 2, 3.

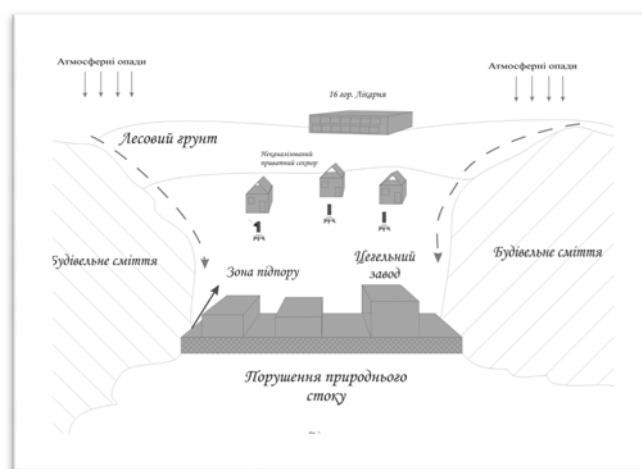


Рисунок 2. Схема підпору і замочування схилу в районі вул. Куп'янська. Червоноповстанська балка м. Дніпро [схема автора].

Слід зазначити, що найважливішою передумовою зсувоутворення, є геолого-гідрогеологічні умови рел'єфоутворюючих відкладень. Тут маються на увазі потужні еолово-делювіальні нагромадження лесових порід зі специфічними властивостями. Як показує досвід, зсувні процеси і провали в містах України відбуваються саме через господарську діяльність.

Проявлення найбільш активних зсувних процесів спостерігається у Тунельній, Зустрічній (житлові масиви Тополя-1,2,3), Рибальській та Червоноповстанській балках (рис. 1,3).



Рисунок 3. Балка Червоноповстанська. Зсув, пригнужений відходами в районі вул. Куп'янська (бл. 400 м від 16 міськклікарні) [фото автора].

Одна з головних задач на сьогодні – організація системного підходу до проектування, будівництва та експлуатації будівель, споруд та мереж інженерної інфраструктури. Варто відмітити, що в місті Дніпро на схилах ведеться будівництво об'єктів різноманітного призначення. При будівництві відбувається підрізка та привантаження схилів, а при експлуатації споруд – замочування основ фундаментів. Усі ці фактори в сполученні призводять до формування зсувних процесів. Також одним із важливих факторів зменшення стійкості схилів є руйнування самих споруд, які в свій час були побудовані з метою захисту території міста (рис.4) але, на сьогодні не обслуговуються та не здійснюють свої функції, що є додатковим негативним фактором. Наприклад, резервуар питної води, обсягом 10 000 м³ розташовано на правому схилі Тунельної балки. Резервуар збудовано з порушенням будівельних норм в зоні розвитку зсувних процесів на лесових ґрунтах. На даній ділянці відбувається постійна активна ерозія. Нижче по схилу періодично мають місце тріщини земної поверхні, які вказують на формування тіла зсуву. У тальвег балки відбувається періодичне аварійне скидання води з резервуару через переливну трубу, виведену у верхів'я балки. Правий борт балки в даному місці являє собою майже стрімкий обрив, а лівий зруйнований зсувом, має складну горбисто-східчасту поверхню. Постійний підйом рівня ґрунтових вод, ерозія схилу і розвиток обвальних-зсувних процесів, створюють у край несприятливу інженерно-геологічну обстановку для безаварійної експлуатації магістральних мереж, резервуара НС № 6 та автодороги по вул. Космічній.

На цьому фото (див. рис. 4.) показано стан скидного колектора від насосної станції №6 по вул. Космічній. Колектор аварійного скиду, прокладений безпосередньо по лесовим суглинкам, намочання та просідання яких, призвело до його руйнації. Станом на 2010 рік вода скидалася з обірваної труби безпосередньо в ґрунт, тим самим утворюючи яр. На весну 2020 року, автор вже не змогла зробити фото з цієї точки - все зруйновано. Ситуація погіршується ще й тим, що відбувається постійне обводнення схилу балки. На вулиці Космічній на цьому

участку вже фіксуються тріщини заколу.



Рисунок 4. Стан скидного колектора від насосної станції №6 по вул. Космічній (фото автора, 2010 рік).

Треба відмітити, також, про стан території навколо житлового будинку по Запорізькому шосе, 19. Оцінено сукупний вплив діяльності людей на природне середовище цієї ділянки. Основне, що спостерігається незадовільний технічний стан бетонного лотку. Судячи по результатам дослідження цієї території, тут зовсім відсутня система ливневої каналізації. Внаслідок цього, відбувається неприпустиме намокання ґрунтів схилу та прояв їх просідних властивостей (рис. 5).



Рисунок 5. Сходінка зсуву вздовж проспекту Праці [фото автора].

Особливий негативний вплив в останні роки спричиняє звалище твердих побутових відходів на схилі цієї балки. Оскільки різноманітний морфологічний склад відходів сприяє накопиченню в них атмосферних опадів, це надає додаткову фільтрацію та поступове намокання ґрунтів і що, особливо важливо, це відбувається за умов збільшення маси відходів при їх намоканні та вібраціях, викликаних вантажівками, які привозять сміття. Також викликає стурбованість незадовільний технічний стан систем водопостачання та каналізації в будинках, які розташовані в зоні формування зсуву, витoki з цих мереж призводять до додаткового замочування ґрунтів на схилі балки, а також до суфозійних процесів, що спричиняють вимивання ґрунтів з під фундаментів та споруд. Про утворення тіла зсуву у даному районі свідчить виникнення тріщин відриву та зсувних сходинок на схилі, довжина тріщин складає 300-400 м, висота сходинок до від 1,0 до 1,5 м. Вищенаведені факти призводять до загрози руйнування мережі електропередач та автошляху по проспекта Праці [див. рис. 5].

Необхідно зупинитися на інженерно-геологічних особливостях ґрунтів підстав будівель і споруд житлових масивів Тополя - 1, 2, 3 міста Дніпро, як в природному стані, так і які вже зазнали інтенсивний техногенний вплив.

В природньому стані територія складена просідаючими лесовидними суглинками та супісками. Рівень підземних вод першого від поверхні ґрунтового водоносного горизонту у 1976 році знаходився на глибині 22.8 м, у 1984 на - 14.0 м, а на серпень 2010 року, вздовж Запорізького шосе, він вже знаходився на глибині 7,7-8,9 м від поверхні землі [2]. Живлення водоносний горизонт одержував і одержує на сьогодні за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та витоків з водонесущих комунікацій. Розвантаження горизонту відбувається в південно-західному напрямку в сторону балки Зустрічна. Але, як бачимо з матеріалів досліджень минулих років (1976-1984 р.р.), після введення в експлуатацію житлової забудови мікрорайону "Тополя-1", відбувалося інтенсивне підняття рівня підземних вод зі швидкістю ~ 1.0 м/рік. Проте, у період з 1984 р. по 1997 р. швидкість знизилася у два рази й склала 0.5 м/рік. А у період з 1997 по 2005 р.р., швидкість підйому вже знизилась до 0,15 м/рік. На думку автора, потік спочатку знайшов собі інший шлях розвантаження, минаючи спостережні свердловини, а потім й розвантажився в балку Зустрічну у 1997 році. Таким чином відбувся техногенний зсув.

Територія житлових масивів Тополя -1, 2, 3 піддана впливу практично всіх перерахованих небезпечних процесів. Д.т.н., проф. Большаков В.І. [3], ретельно досліджував техногенну катастрофу 1997 року. Дослідження того часу співпадають із нашими сучасними висновками, наведені вище, а саме: перевищення інфільтрації витоків з водонесущих комунікацій над розвантаженням призвело до підйому рівня підземних вод (до підтоплення), збільшення напірного градієнту, збільшення коефіцієнта фільтрації та прояву суфозійних процесів в ослабленому масиві схилу балки Зустрічна. Суфозійні процеси в першу чергу почали проявлятися в місцях, вільних від додаткового навантаження схилу громадськими будівлями і спорудами, (одно- та двох - поверховими будівлями дошкільних дитячих установ і шкіл). У цих місцях навантаження схилу призвело до вертикального виносу дрібних частинок ґрунту водою – сталася зовнішня суфозія, внаслідок чого нижня частина схилу в районі розташування дитячих дошкільних установ і школи – піддавалися посиленому суфозійному процесу, підвищенню пористості ґрунту, збільшенню припливу інфільтраційних вод, повному обводненню, зниженню несучих здібностей та подальшому відриву всього схилу та того, що на ньому було розташовано.

Треба зазначити, що на таких ділянках, окрім недопущення обводнення ґрунтів, важливо берегти зелені насадження. Вони є природним фактором, забезпечуючим стійкість схилу, послабленого суфозійними процесами. На цій ділянці колись була потужна коренева система насаджень декоративних дерев і одерновка території багаторічними травами та чагарниками, що якоюсь мірою компенсувало ослаблення схилу. В такій природній «рівновазі» територія експлуатувалася до травня - початку червня 1997 року (10 років). За ці 10 років міські комунальні служби додаткових заходів по зниженню ослаблення схилу не проводили.

Територія житлового масиву Тополь-1 виявилася повністю обводнена, а на понижених ділянках, геологами спостерігалися суфозійні процеси. Останнім поштовхом для прояву руйнівних процесів на території схилу балки Зустрічна з'явилося засорення побутового каналізаційного колектору, що проходить по гирлу нижній частині схилу, в результаті якого всі стічні води зворотним ходом почали надходити каналізаційними трубопроводами в прилеглі до гирла схилу домівки, затоплюючи підвали та перші поверхи стічними водами. Таким чином, на території ж/м "Тополя -1", внаслідок активного розвитку зсувних і просадних процесів у 1997 році були цілком зруйновані 9-ти поверховий житловий будинок, школа, деформовані багатоповерхові будинки і комунікації, 2 дитячі дошкільні заклади. Першочергові роботи з інженерного захисту даної житлової забудови були виконані в 1997 році (утримуючі контр банкети, дренажі, злизові і побутові колектори), що сприяли тимчасовій стабілізації інженерно-геологічного стану. Було збудовано промєневий дренаж у районі будинку № 9 для стабілізації рівня ґрунтових вод. Але, в якому стані на сьогодні ці дренажі - невідомо. Також, як відомо, стан інженерних мереж будівель вкрай не задовільний. Автор особисто спостерігала переповнену каналізаційну систему у 2010 році в районі будинку № 9. А, наприклад, в буд. № 60, корпус 2, у 2010 році в підвалі постійно стояла вода. Управління інженерного захисту ДМР на той час було встановлено, що вода водопровідна. Мешканці її самотужки відкачували та скидали на сусіднє подвір'я.

На ж/м "Тополя -2" та "Тополя -3" інженерно-геологічні умови аналогічні. На цій території також спостерігаються деформації будівель, особливо у присхилових частинах. По існуючим дослідженням геологів, за період експлуатації житлової забудови відзначалися деформації житлових будівель внаслідок підйому рівня підземних вод, викликаному витоками з водонесущих мереж. Для аналізу ситуації вкрай необхідна мережа спостережливих свердловин і регулярне обстеження. Також необхідно уяснити стан водогону, який прокладено вздовж Запорізького шосе.

Таким чином, на сьогодні, оскільки на цій території має місце така об'ємна ураженість різноманітними геологічними процесами і вже спостерігався інтенсивний підйом рівня ґрунтових вод і зв'язані з ним просадні явища, лінійна і площинна ерозія схилів балки, утворення вторинних ярів, і заболоченості в тальвегах, ці явища потребують постійного комплексного захисту, контролю та обстеження. Наряду з цим, необхідно не допускати замочування ґрунтів основ фундаментів всіх споруд, забезпечити ретельне відведення атмосферних опадів зі всієї території, організувати повне інженерне забезпечення всіх мереж в належному стані.

Висновки.

1. Для міста Дніпро характерно куполоподібне насичення ґрунтів підстав міських споруд, яке призводить до активізації підтоплення та обвальнo-зсувних явищ. При найменших витоках на просідальних ґрунтах, відбуваються активні деформації підстав і інженерних мереж, які схильні до корозії і експлуатуються протягом тривалого періоду без капітальних ремонтів. Внаслідок цих деформацій, мережі «рвуться», утворюються ще більш просідання ґрунтів, а потім - провали.

2. При інфільтрації зливових опадів під фундаменти, крізь не ремонтване десятками років асфальтове покриття і напівзруйновану та засмічену злизову каналізацію, а також при наявності навантажень від будівель і споруд та вібрації транспорту, відбуваються так звані аварії техногенного характеру.

3. Для будівель і споруд на просідальних ґрунтах неприпустимо намокання стін і інших несучих конструкцій. Покрівля повинна повністю ізолювати будинок від намокання, будівля повинна бути оснащена ринвами, а фасади та, тим більше цоколь і вимощення, в разі вивітрювання цементного розчину в цегляній кладці - підлягають капітальним ремонтам.

4. Асфальтове покриття прибудинкових територій, повинно виключати майданні повсюдні проникнення поверхневих зливових вод, які по ухилу повинні відводиться в справну злизову каналізацію.

5. При експлуатації будівель і споруд необхідний постійний контроль за станом покрівель, стін, відмосток і підвальних приміщень.

6. Вкрай важливо регулярно обслуговувати інженерні мережі та міську зливову каналізацію.

Вдячності. Робота виконана особисто автором без зовнішньої фінансової допомоги.

Наряду з цим, автор висловлює глибоку повагу і вдячність інженерам геологам інституту “ДніпроДІНТР”, та особливо колегам О. Ревенку та І. Шумельчику за допомогу і консультації при проведенні досліджень.

REFERENCES

1. Максимова, Е.О., Шумельчик, І.В. (2017). К вопросу освоения подземного пространства г. Днепр на основе геологического строения территории. *Форум гірників-2017: матеріали міжнар. науково-техн. конф., 4-7 жовтня. 2017.* - 72-77. Retrieved from URL <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/150594> Maksimova, E.O., Shumelchik, I.V. (2017). K voprosu osvoeniya podzemnogo prostranstva g. Dnepr na osnove geologicheskogo stroeniya territorii. *Forum girnikiv-2017: materiali mizhnar. naukovo- tehn. konf., 4-7 zhovtnya. 2017.* - 72-77. Retrieved from URL <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/150594>

2. Міністерство регіонального розвитку та будівництва України (2010). *Науково-технічний звіт по об'єкту: “Інженерний захист лівого схилу балки Зустрічна в районі МКР “Тополя-1” в м. Дніпропетровську, вишукувальні роботи”.* (Звіт № 8072 ДП “ДніпроДІНТР”, Д.- 2010, 101 с.) Ministerstvo regionalnogo rozvitku ta budivnictva Ukrayini (2010). *Naukovo-tehnichnij zvit po ob'yektu: “Inzhenernij zahist livogo shilu balki Zustrichna v rajoni MKR “Topolya-1” v m. Dnipropetrovsku, vishukuvalni roboti”.* (Zvit № 8072 DP “DniproDIINTR”, D.- 2010, 101 s.)

3. Большаков, В.І, Моторний М.А, (2017). Аналіз причин «тополиної» катастрофи та заходи, що виключають подібні явища під час проектування і спорудження будівель на просадних ґрунтах (до 20-річчя катастрофи) (частина 1). *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 1,* 23-36. Retrieved from URL <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/103118> Bolshakov, V., & Motorny, A. (2017). Analiz prichin «topolinoyi» katastrofi ta zahodi, sho viklyuchayut podobni yavisha pid chas proektuvannya i sporudzhennya budivel na prosadnih gruntah (do 20-richchya katastrofi) (chastina 1). *Visnik Pridniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnictva ta arhitekturi, 1,* 23-36.