

УДК 624.121.53

Гайко Г.І., д.т.н., проф., Булгаков В.П., інженер
Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ГЕОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ТА АНАЛІЗ ПРОТИЗСУВНИХ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ НА БАТИЄВІЙ ГОРІ МІСТА КИЄВА

Старий Київ розташований на правому високому березі Дніпра. Місцевість, як у межах міста, так і найближчих його околицях природно розчленована. Це обумовлено значною різницею висот між базисом ерозії, котрим є Дніпро з дрібними притоками – Либіддю, Сирцем та ін., і найбільш піднятими частинами міської території. Завдяки значній різниці висот (103,3м) і наявності порід, які легко піддаються розмиву, територія Києва і його околиць порізана чисельними ярами. Яри ці групуються головним чином навколо Дніпра, Либіді і Сирцю. Частина цих ярів у межах міста забудована і перетворена на вулиці, як приміром Хрещатик (яр, пов'язаний з Либіддю). Пагорбне плато, на якому розташоване старе місто, раніше продовжувалося далі в північно-східному напрямі, але завдяки підмиву правого берега Дніпром воно поступово скоротилося [1, 2].

По краю високого берега Дніпра у багатьох місцях спостерігаються яроподібні пониження в рельєфі території. Утворюються вони завдяки зсувам, які відбуваються здебільшого по бурих і строкатих глинах. Підвищення рельєфу являють собою вцілілі між ними частини плато, які добре дреновані і тому мають значну стійкість. Кінцевою стадією розвитку підвищень є ізольовані столові пагорби, що утворені частково завдяки зсувам, частково завдяки ярам, які відділяють їх один від одного.

Сильна розчленованість міської території обумовлює наявність ряду вулиць з крутими підйомами, які досягають крутизни в окремих місцях до 18°. У цих умовах проблема зсувів ґрунту та руйнування будинків і споруд є вельми актуальною. Не стала винятком і територія Батієвої гори, розташованої в Солом'янському районі м. Києва, в межах вулиць Локомотивної й Краснодонської та Провідницької й Радісної, загальною площею 2,2 га (рис. 1).

Зсувні процеси на крутих схилах Батієвої гори призвели до руйнування протяжної захисної споруди у вигляді підпірної стінки та призвели до загроз існуючим будинкам (рис. 2, 3). Під питанням опинилися плани нової забудови підосви Батієвої гори.

Для виявлення умов зсувних процесів і обґрунтування рекомендацій щодо стійкості та безпеки були проведені інженерно-геологічні дослідження зазначеної ділянки.

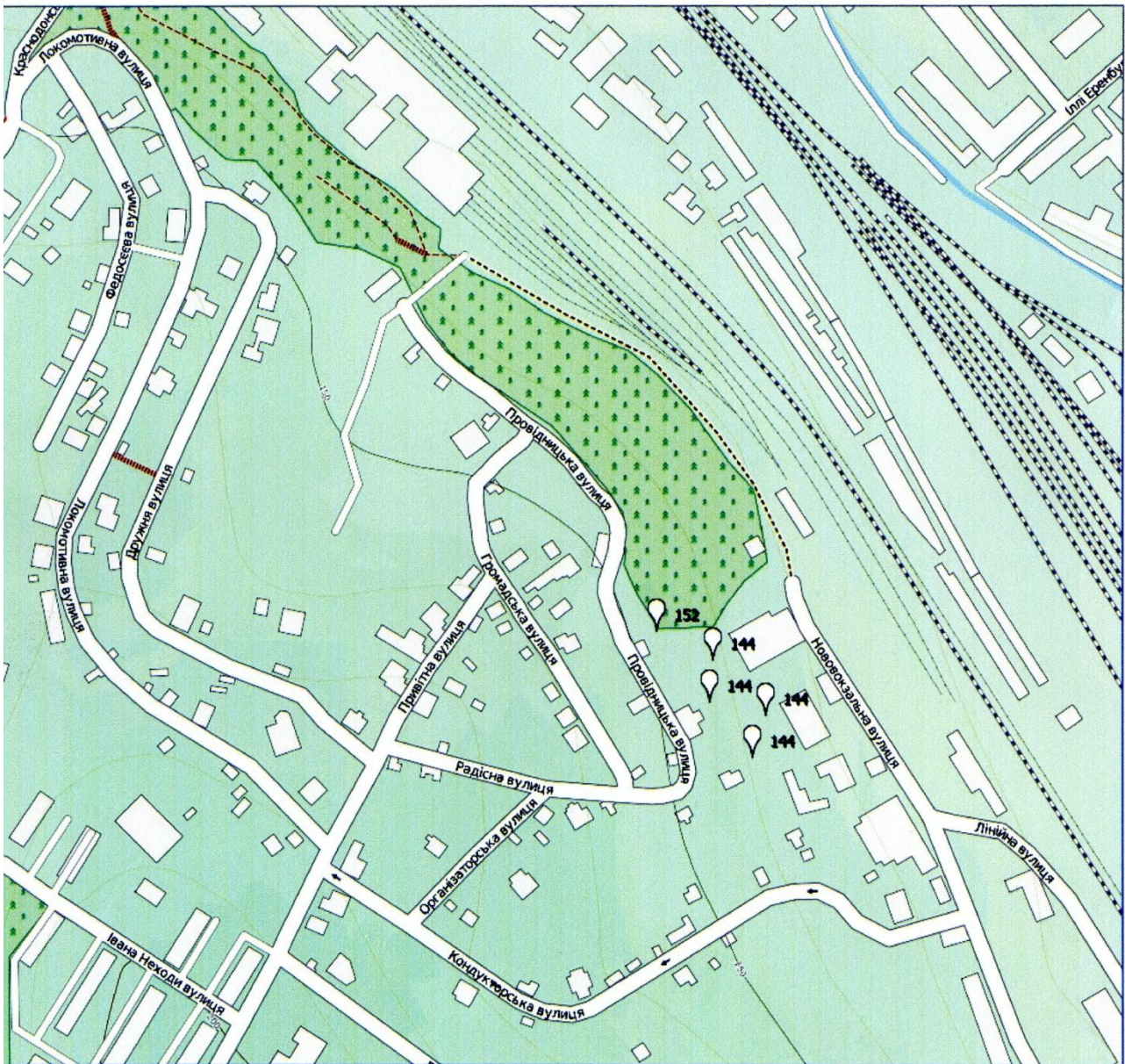


Рис.1. Ситуаційний план: м. Київ, Солом'янський район, Батієва гора.
Точки 144 - 152 – розташування бурових свердловин.

За особливостями будови четвертинного покриву та умовами його утворення, місце проведення дослідних робіт відноситься до так званих “лісових островів” Київського Полісся.

В геоморфологічному відношенні ділянка вишукувань розташована в межах Протасового яру, на лівому схилі. Абсолютні відмітки поверхні землі коливаються від 133 до 150 м.

У гідрогеологічному відношенні ділянка розташована в межах Дніпровського артезіанського басейну, для якого є типовою наявність водоносних горизонтів, що відділені один від іншого водотривкими горизонтами. Весь ерозійно-денадуційний схил ускладнений терасами та

зсувною морфоструктурою. Схил забудований двох-трьох поверховими котеджами. Схил має північно-західну експозицію. Крутизна схилу складає 15–60 градусів з ділянками порушеного ґрунту та канавами, густими чагарниками та лісосмугами.



Рис.2. Наслідки зсуву (Батієва гора, травень – червень 2014 р.)



Рис. 3. Руйнування підпірної стінки (Батієва гора, травень – червень 2014 р.)

За хімічним складом вода неагресивна по всіх компонентах до бетону марки W4 по водопроникності, можливі рекомендації при виготовленні бетонних конструкцій з метою облаштування інженерних гідротехнічних споруд [3].

Вказані геологічні та геоморфологічні особливості свідчать про можливий розвиток площинної ерозії, розмивання поверхні тимчасовими водостоками, виникнення просідання лесових порід і суфозії. Можливе підтоплення за рахунок витоків з системи водопостачання і надмірного зростання поверхневих вод під час рясних опадів. На ділянці мають місце техногенні відкладення, зумовлені давньою діяльністю людини в межах Києва, а також елементи протизсувних засобів (підпірні стінки, дренажні колодязі із зруйнованою гідротехнічною системою).

Методика досліджень передбачала буріння 5 свердловин на глибину до 15 м, на відстані 30-40 м одна від одної згідно з планом (див. рис. 1). Отримані колонки керну дозволили дослідити тип і властивості ґрунтів по глибині. Свердловини знаходяться на відмітках 144 м і розташовані в шахматному порядку.

На основі лабораторних досліджень з використанням типових методик (див. табл. 1) було встановлено літологічний склад і властивості порід. Результати лабораторних досліджень дозволяють віднести досліджувані породи до неоген-палеогенових відкладів четвертинного періоду в складі суглинків та супісків різного ступеню ущільнення. Також був використаний метод порівняльної характеристики за період спостережень протягом 12 місяців.

Таблиця 1

Перелік лабораторних робіт

№	Найменування робіт	Коментарі
1	Вологість ґрунту	Ваговий спосіб (сушильна шафа)
2	Вологість на межі текучості	Метод конуса
3	Вологість на межі розкочування	Вручну
4	Щільність ґрунту	Метод різальних кілець
5	Щільність часток ґрунту	Питома вага
6	Гранулометричний (зерновий) склад ґрунту	Метод сита (12 шт.)
7	Мікроагрегатний склад ґрунту	
8	Коефіцієнт фільтрації піщаних ґрунтів	Метод піпетки
9	Коефіцієнт фільтрації глинистих ґрунтів	Метод піпетки
10	Визначення опору ґрунту зрізуванню	Зрізний прилад ВСВ-25
11	Визначення набухання ґрунтів	Прилад ПНГ-1
12	Визначення усадковості ґрунту	Прилад ПНГ-1

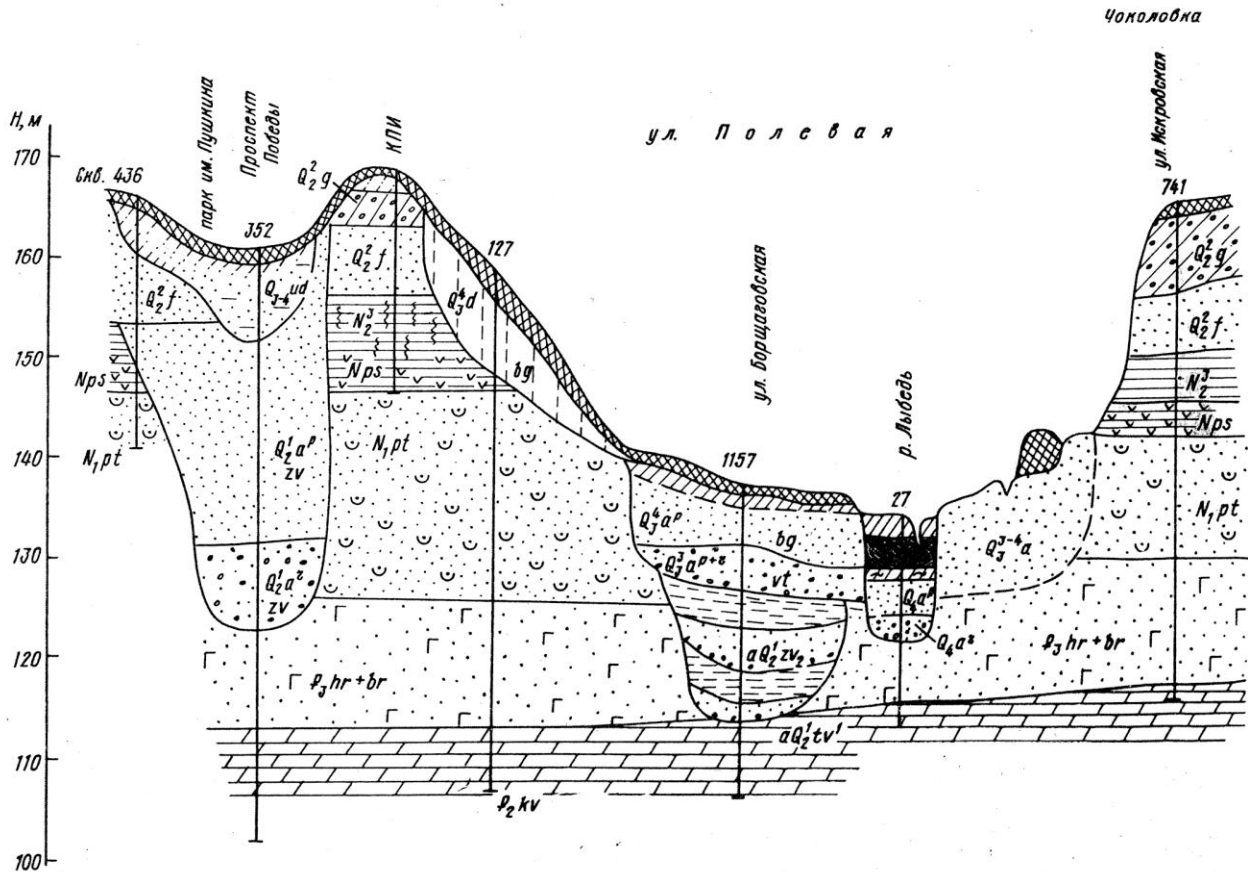


Рис. 4. Геологічний розріз по лінії проспект Перемоги – вул. Іскрівська.

В свердловинах 1-5 у межах ділянки вишукувань зафіксовані підземні води типу “верховодки” на глибині 4,3 м. Поповнення підземних вод відбувалося за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, вод поверхневого стоку та втрат водо несучих мереж. Слід відмітити тип поверхні водозбору в межах забудови, де на великій площі з твердим асфальтовим покриттям відбувається інтенсивне накопичення поверхневих вод і рух по схилу в район розвитку зсувів. При цьому відбувається перезволоження вже існуючих слабозв’язаних ґрунтових мас, які складені в основному супісками і суглинками різних лесових формацій на схилах з крутизною до 30° і в окремих місцях майже до вертикальних стінок.

В районі проведення досліджень в 90-х роках ХХ ст. була встановлена підпірна стінка довжиною 69 м з використанням буронабивних паль на території господарського комплексу ТзОВ “Практика”. В процесі спостережень було виявлено руйнування підпірної стінки в травні 2014 р. внаслідок зсуву ґрунтової маси з поверхні схилу. Інженерна конструкція у вигляді протяжної підпірної стінки не була розрахована на навантаження, які виникли внаслідок масштабних схилових процесів.

Геологічні породи в місцях розвитку зсувів

ant Q _y		Насипний ґрунт супісь і суглинок неоднорідні з уламками цегли
dp Q _y		Зсувні породи
		Пісок сірий, темно-бурий, жовто-бурий, пилуватий дрібний з тонкими прошарками супісі й суглинку
al Q _{3-y}		Супісь жовто-сіра, жовто-бура, сіра легка, пилувата з тонкими прошарками піску
		Суглинок жовто-сірий, темно-сірий, пилуватий, легкий з тонкими прошарками піску
eold Q _{3-y}		Супісь лесовидна, сірувато-жовта, легка, пилувата, карбонатна
		Делювіально-зміщені породи
dp Q _{3-y}		Глина темно-сіра, сіра, бурувато-сіра, тріщинувата, темнувата, неоднорідна
		Пісок білий, світло-жовтий, дрібний, у верхній частині товщі каолінистий
		Супісь зеленувато-сіра, легка слюдиста
N _{1pt}		Суглинок жовто-сірий, сірий, каолінистий з прошарками піску
		Пісковик сірий

На сьогоднішній день стан зсувного схилу біля житлових будинків №15 та №18 по вул. Радісній, №21 по вул. Провідницькій та №23, №25 по вул. Громадській значно погіршився через додаткове водонасичення ґрунтів атмосферними і побутовими стоками, а також навантаження схилу будівельним сміттям та порушенням ґрунтом. Виявлено руйнування ділянки дороги вулиці Провідницької по тріщині нового асфальтового покриття дороги, подальше просідання уступу в садибі №21 та біля входу в садибу, руйнування споруд в садибі №18 по вул. Радісній, деформується підпірна стінка в садибі №15 по вул. Радісній. У зв'язку з активізацією зсувного процесу в садибі №21 по вул. Провідницькій та на території ТОВ “Практика” на вул. Нововокзальній, 53 в період з травня по червень 2014р. та в наступний період року підпірна стінка була повністю зруйнована. При подальшому розвитку зсувного процесу межі зсуву можуть поширитися на прилеглу територію в бік вул. Громадської і в протилежному напрямку до природного базису ерозії р. Либідь, де розташоване депо Київського залізничного вокзалу.

За сукупністю факторів, наведених в ДБН А.2.1-1-2014 [4], категорія складності інженерно-геологічних умов третя (складна). З сучасних геологічних процесів та явищ широко розвинуті площинний змив, лінійна ерозія, зсуви та процеси, які пов'язані з техногенною діяльністю людини [5]:

- замочування ґрунтів при витоках з техногенних мереж;
- підрізка схилів без належних розрахунків;
- навантаження бровки схилів несанкціонованим будівництвом;
- перекриття діючих стоків ґрунтових вод несанкціонованим складанням будівельного сміття.

При візуальному обстеженні схилу прослідковується ряд чітко виражених свіжих зсувних форм рельєфу у вигляді зсувних цирків та уступів фронтальних зсувів. На первинному ерозійному схилі розвинена давня зсувна морфоскульптура, частково змінена господарською діяльністю людини; частина схилу, спланована терасами, має водостік.

Попередні обстеження ґрунтів і проявів зсувних процесів свідчать про необхідність застосування системи інженерних рішень з використанням технології армованих ґрунтоцементних елементів, сформованих струменевою цементациєю за технологією “jet-grouting” [6] у сполученні із анкетування прогнозованих призм зсуву ґрунту та заглибленою підпірною стінкою навколо будівельних об'єктів. Необхідно спланувати круту частину ділянки до стійкого профілю й зміцнити її посівом багаторічних трав (ефективність їх застосування показує табл. 2), виключити можливість водонасичення схилу, завдяки упорядкуванню стоку та відводу атмосферних опадів.

Висновки. Обстежена площадка по потенційній затоплюваності відповідно до ДСТУ т.33 відноситься до III типу 1-4-ої схем природних умов. Нормативна глибина промерзання ґрунтів сягає 1,0 м. Схил є зсувонебезпечним, знаходиться в стані нестійкої рівноваги. Загальну стійкість схилу слід перевірити розрахунком.

Таблиця 2

Інтенсивність змиву ґрунтових покривів залежно від крутизни схилу і наявності рослинного покриву.

Крутизна поверхні, град.	Кількість порід, що змиваються протягом сезону (за 6 місяців) з 1 м ² , г	
	з поверхні, вкритої трав'янистою рослинністю	з оголеної поверхні
10	14	834
20	42	1368
30	51	3104

Категорія складності інженерно-геологічних умов згідно ДБН А.2.1-1-2014, третя (складна) [4].

Для усунення можливості формування зсуву необхідно наступне:

- забезпечити регулювання стоку поверхневих вод та захист поверхні схилу від зливових і талих вод проведенням інженерних заходів;

- передбачити конструкцію підпірних стін відповідно до можливого зсувного тиску, в районі розвитку зсувів, особливо в напрямку вул. Нововокзальної 53, підсилити схил системою анкерів (типу ТІТАН);

- виключити можливість водонасичення схилу (упорядкувати стік та відвід атмосферних опадів);

- спланувати косогірну частину площадки до стійкого профілю і зміцнити її посівом багаторічних трав.

Слід звернути увагу на неприпустимість подальшого перевантаження верхньої частини схилу, що може привести до активізації зсуву в головній його частині.

При розробці проекту будівництва зсувозахисних споруд рекомендується скористатися рішенням, яке передбачає застосування фундаменту із буронабивних паль з врахуванням вертикального планування території за умови створення системи терас.

Для протизсувних кріплень схилів у комплексі із підпірними стінками рекомендується використовувати систему кріплень природних і штучних схилів нагельним способом. Технологія установки і всі елементи конструкції бурін'єкційних мікропаль зі струминною цементациєю (jet-grouting) [6], анкерних паль і ґрунтових нагелів (типу ТІТАН) аналогічні і забезпечують кріплення призми зсуву ґрунту. При цьому утворюється армований ґрунтовий масив, що допоможе уникнути непередбачених зсувів і зривів масивів на досліджуваній ділянці. Тому є потреба проведення подальшого моніторингу стану схилу та нових інженерних споруд, що повинні забезпечити стійкість і безпеку схилів Батієвої гори.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Барщевский Н.З. Геоморфология и рельефообразующие отложения района города Киева/ Барщевский Н.З., Купраш Р.П., Швыдкий Ю.Н.// К: Наукова думка, 1989.
2. Демчишин М.Г. Техногенні впливи на геологічне середовище території України. – К.: ІГН НАН України, 2004. – 156 с.
3. Панюков П.Н. Инженерная геология. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1978. – 296 с.
4. ДБН А.2.1-1-2014 Інженерні вишукування для будівництва.
5. Шашенко О.М. Механіка ґрунтів: Навчальний посібник / Шашенко О.М., Пустовойтенко В.П., Хозяйкина Н.В. // К.: Новий друк, 2009. – 208 с.
6. Загоруйко Є.А. Підвищення стійкості схилів у слабких масивах системою ґрунтоцементних елементів/Автореферат дис. канд. техн. наук. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2013. – 24 с.