

II. ГЕОЛОГІЯ, ГЕОМОРФОЛОГІЯ ТА КОРИСНІ КОПАЛИНИ

УДК 551.435.627 (477.43)

DOI: doi.org/10.5281/zenodo.1227327

Колтун О.В., Колтун В.Р.

ГЕОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗСУВУ НА ВУЛ. КУПРІНА У ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ

Зсув на вул. Купріна має понад півстолітню історію і за площею – близько 40 га – найбільший у місті Хмельницькому. Для з'ясування геологічних причин його розвитку було проведене детальне дослідження фондових даних з інженерно-геологічних вишукувань на даній території, картографічних матеріалів, а також здійснене польове обстеження у 2015 р. Виявлено, що в зсуві брали участь сучасний ґрунт (чорнозем) і кілька горизонтів плейстоценової лесово-ґрунтової серії. Максимальна потужність відкладів зсувного тіла після обох фаз зсування і вертикального перепланування території у центральній частині досягає 6 м, тоді як первісно біля північного краю могли бути залученими до 15 м лесів і ґрунту. У будь-якому разі площа ковзання знаходилася всередині лесово-ґрунтової серії, і хоча в розрізі є глини, та вони залягають набагато глибше поверхні ковзання. На розвиток зсуву могли вплинути і такі особливості відкладів, як просідність і тиксотропність, які разом зі змінами рівня ґрунтових вод потребують окремого дослідження.

Ключові слова: зсуви у містах, зсуви в лесах, лесово-ґрунтова серія, місто Хмельницький.

Вступ. Зсув на вулиці Купріна у Хмельницькому розташований на лівому березі р. Самець, має довжину з півночі на південь 820 м, а максимальну ширину – 390 м. Точні дати зсувних зрушень не знайдені, але наші дослідження [3, 4] дають підстави стверджувати, що це кінець 1950-х рр. для першого зсування і перша половина 1970-х років для другого. Після зсуву балка і прилеглі ділянки лесового плато суттєво змінилися, і в сучасному рельєфі замість схилів балки на тілі зсуву виділяють три тераси (верхня – частково), прямовисні та круті уступи), поверхні зі складною морфографією (мозаїчне поєднання площадок, схилів і уступів чи дрібногорбкуваті). Язик зсуву заходив на заплаву Самця і згодом був змінений під час спорудження греблі, дамб, ставків і каналу наприкінці 1980-х років (рис. 1).

Спостерігаємо зв'язок між антропогенними змінами рельєфу і особливостями зсуву: східні і західні стінки відриву пов'язані з виїмками кар'єрів. Сучас-

© Колтун О.В., Колтун В.Р., 2018.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
Article Info: Received: March 30, 2018;
Final revision: April 5, 2018; Accepted: April 15, 2018.

на нижня тераса має приблизно ті ж абсолютні висоти, що й західна кар'єрна ділянка до зсуву [4].

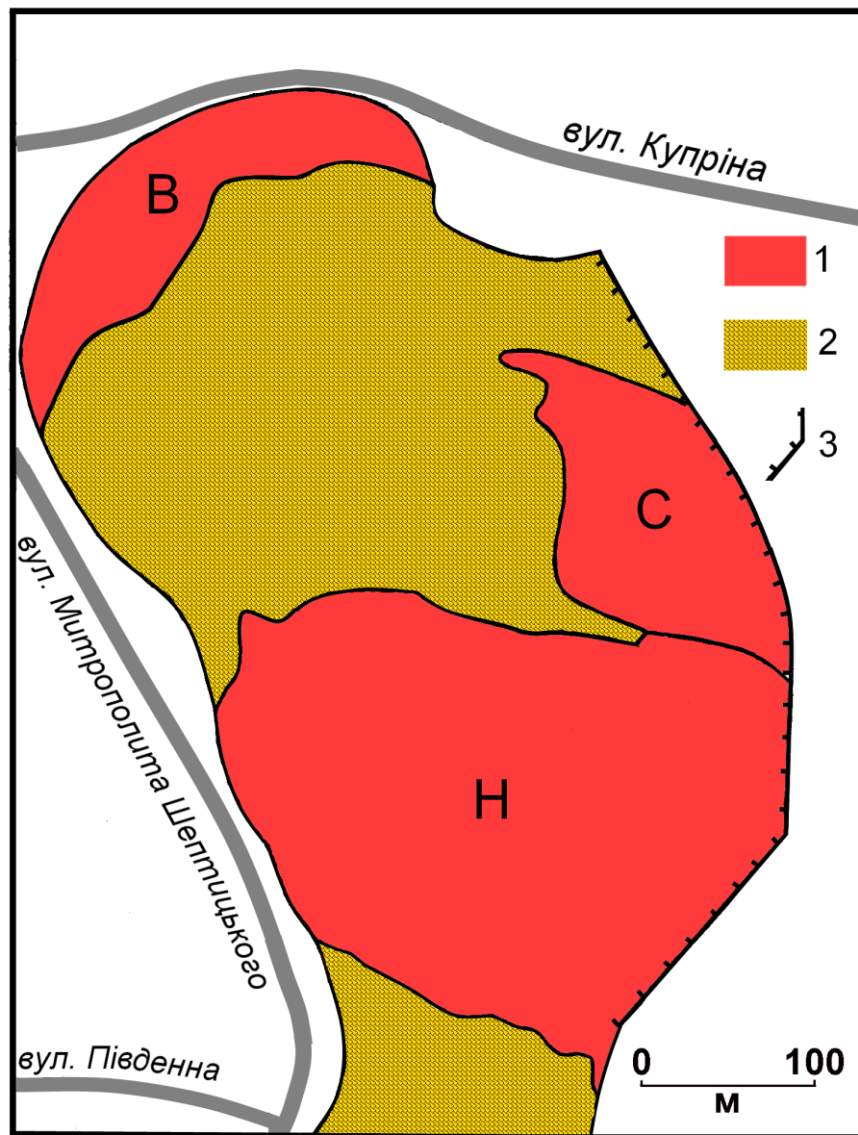


Рис. 1. Геоморфологічна картосхема зсуву на вул. Купріна на початку ХХІ ст. (на основі геоморфологічної карти з [4]): 1 – тераси (В – верхня, надсувна; С – середня, зсувна; Н – нижня, зсувна); 2 – поверхні зі складною морфографією (мозаїчне поєднання площадок, схилів і уступів на півночі, дрібногорбкувата – на півдні); 3 – східний, найбільш чітко виражений уступ.

Методи досліджень і матеріали. Головний метод досліджень – інтерпретація даних інженерно-геологічних вишукувань на території зсуву та прилеглих ділянок. Для пошуку аналогій залучено дані з інших частин міста Хмельницького, а не лише з лівобережжя Самця. Загалом опрацьовано інформацію з близько двох сотень свердловин, пробурених у 1976-2017 рр. організаціями “Хмельницькийбудрозвідування”, “Житомирбудрозвідування” (обидва раніше були відділами УкрДПНТР), Хмельницькагропроект, Львівдіпроводгосп.

Інженерно-геологічні дослідження на території зсуву проводилися у 1980-х роках: у жовтні 1983 проектний інститут Львівдіпроводгосп виконував роботи

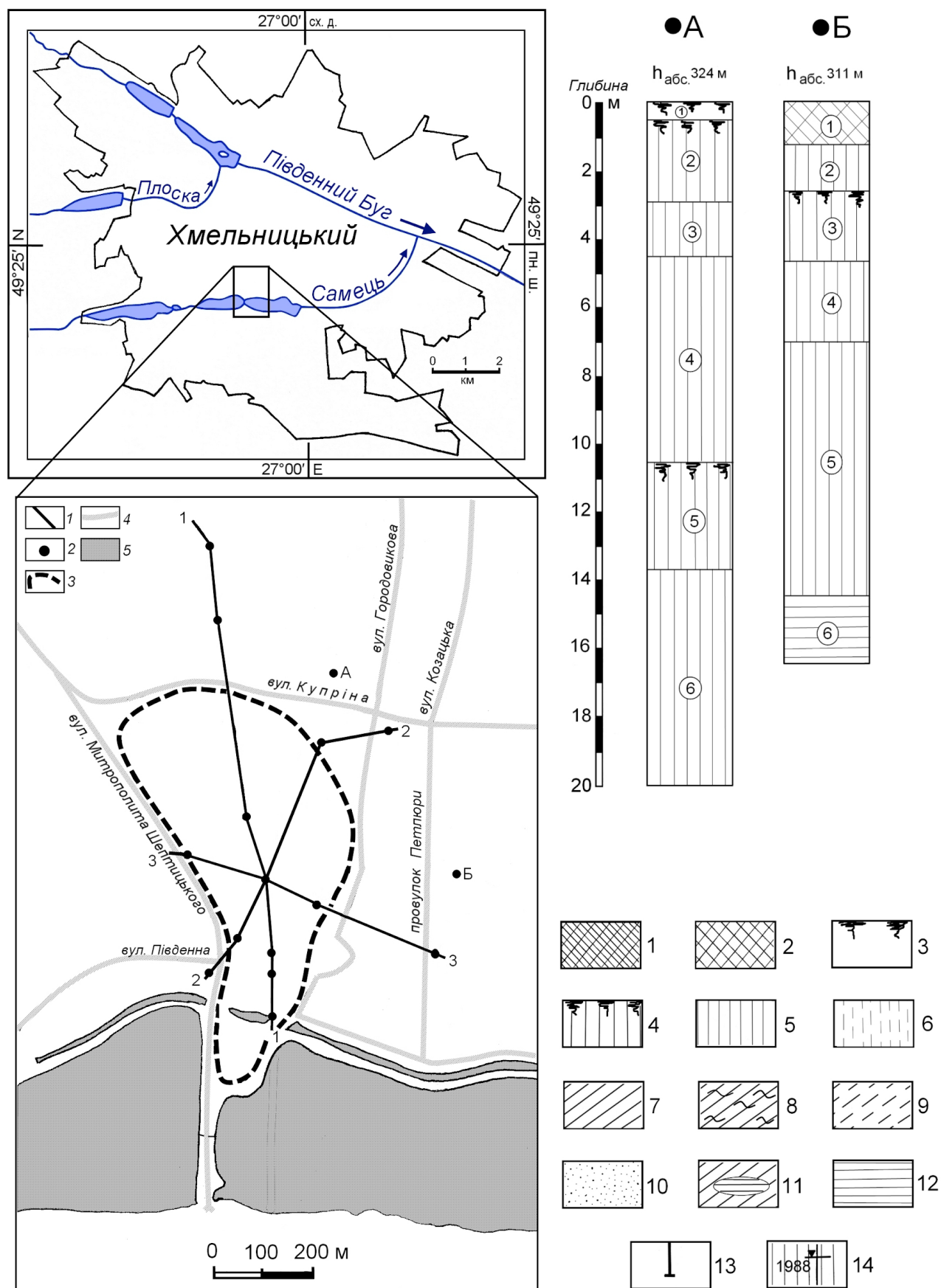
для проекту водопостачання заводу тракторних агрегатів на заплаві Самця і неширокій смузі берега вище, частково захопивши язик тіла зсуву. Було пробурено понад 40 свердловин завглибшки 5-11 м. Повторні вишукування проводилися у 1990 р.

Ще одне інженерно-геологічне дослідження території було здійснене у липні 1988 р. Хмельницькагропроект для розширення квіткових оранжерей. Чотири десятки свердловин завглибшки 6-12 м були пробурені у середній і нижній частині зсувного тіла. Вони зафіксували потужність перевідкладених суглинків, супісків і чорнозему від 1 до 6 м, з мінімумом на західному уступі і переважною потужністю 4,5-6,0 м на нижній терасі. Рівень ґрунтових вод (далі – РГВ) знаходився під зсувними відкладами, за винятком південного краю – там РГВ був у їхній товщі. Підстильна порода всюди – леси: суглинки жовті, тверді і напівтверді.

Якщо з кінця ХІХ ст. і до середини ХХ ст. забудова зосереджувалася на північ від балки – на вододілі по обидва боки сучасної вул. Купріна, то з другої половини 1950-х землі на захід від зсуву роздали під індивідуальну забудову, а на сході тривалий час були частково пустирі, частково – промислова забудова, тому архівні дані про геологічну будову тут мінімальні. Пожвавлення багатопверхового житлового будівництва у мікрорайоні Дубове, як і на решті території Хмельницького, розпочалася в середині 2000-х. Таким чином, для з'ясування геологічної будови території, прилеглої до зсуву, ми залучили дані інженерно-геологічних вишукувань на вул. Купріна 1983-2015 рр., по пров. Петлюри (раніше – Купріна) 2016 і по вул. Городовикова 2006 р. Дані з цих об'єктів включені до геологічних профілів через територію зсуву і розрізів за його межами. Зазначимо, що ми без змін залишали літологію та межі горизонтів, але інтерпретація віку та походження відкладів відмінна, особливо коли йдеться про стратиграфію лесово-ґрунтової серії.

Результати і обговорення. Після узагальнення даних фондових джерел, а також польових досліджень території зсуву у травні 2015 р., опрацювання різночасових картографічних та топографічних матеріалів було складено геологічні профілі через зсув на вул. Купріна та прилеглі ділянки схилів і вододільного плато (рис. 2-5).

Морфологічні особливості території зсуву свідчать, що для першого зрушення у 1950-х рр. головна стінка відриву знаходилася на північному сході, там, де до сьогодні залишилися найвищі – до 9 м – прямовисні уступи. Вони складені еолово-делювіальними лесами – суглинками і супісками, розбурена потужність яких на відстані 20 м від північно-східної брівки становить 10,5 м і 15,0 м на відстані близько 200 м (профіль 2-2, рис. 4).



пояснення – в тексті) та умовні позначання літології на розрізах і профілях (1 – насипні відклади і штучні покриття; 2 – зсувні відклади (суміш сучасного ґрунту і лесів); 3 – сучасний ґрунт, чорнозем; 4 – викопний ґрунт; 5-6 – леси еолово-делювіальні жовті, сіро- і сірувато-жовті, тверді і напівтверді вище РГВ, пластичні – нижче, у верхніх горизонтах часто просідні: 5 – суглинки, 6 – супіски; 7 – суглинки алювіальні голубувато-сірі з прошарками піску середньозернистого, тиксотропні; 8-9 – сучасний алювій заплави р. Самець: 8 – суглинки замулені чорні і голубувато-сірі м'якопластичні, 9 – супіски сірі, голубувато-сірі пластичні і текучі; 10-11 – давній алювій Південного Бугу: 10 – піски сірі середньозернисті кварцові (на профілях 1-1 і 2-2 також і дрібнозернисті, на профілі 3-3 – з прошарками суглинка м'якопластичного сірого; 11 – суглинки жовто-сірі щільні тверді, з лінзами глини; 12 – глини сірі тверді щільні морського походження; 13 – свердловина із забоєм; 14 – рівень ґрунтових вод і дата фіксації).

На відстані 100-200 м від брівки, свердловини зафіксували наявність викопних ґрунтів на північ, північний схід і схід від меж зсуву (розріз А, профіль 2-2 і розріз Б відповідно, див. рис. 2 і 3).

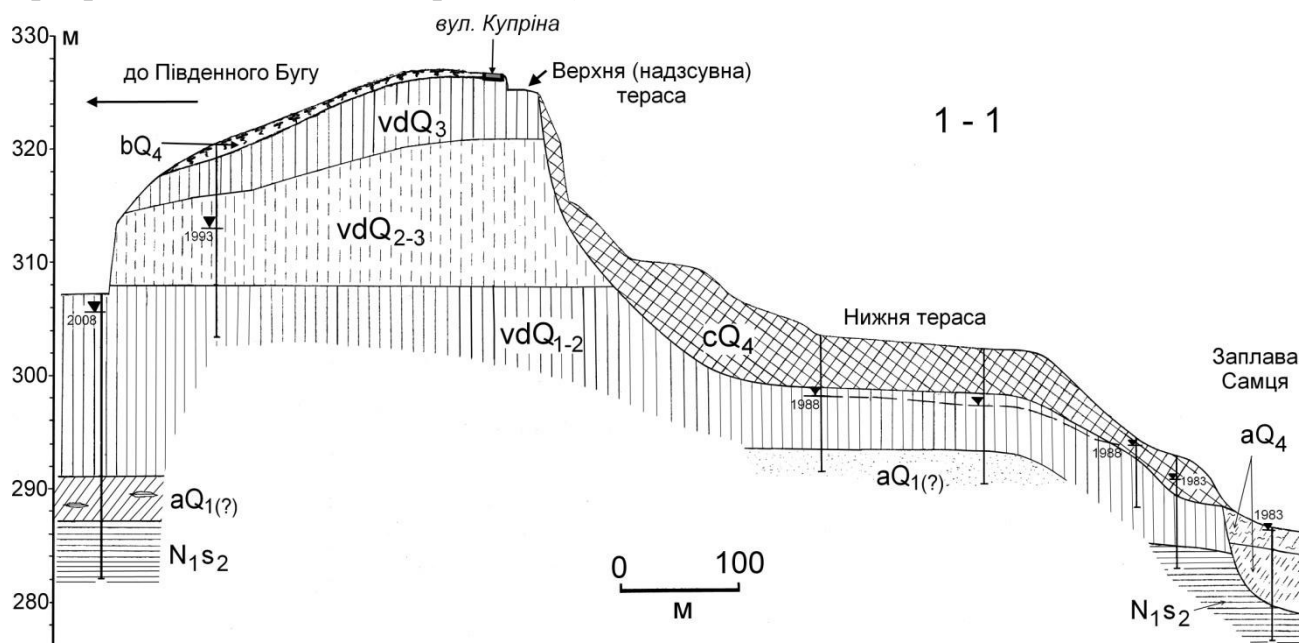


Рис. 3. Геологічний профіль через зсув на вул. Купріна по лінії 1-1
(розташування та умовні позначення – на рис. 2).

Примітки. 1. Цей та інші профілі побудовані з використанням архівних даних організацій “Хмельницькийбудрозвідування”, “Житомирбудрозвідування”, Хмельницькагропроект, Львівдіпроводгосп за 1983-2017 рр.). 2. Індекси вказують вік відкладів (N_1s_2 – сарматський вік раннього неогену; Q_1 , Q_2 , Q_3 – ранній, середній і пізній плейстоцен відповідно, Q_4 – голоцен) і їхній генезис (a – алювіальні, b – біогенні, c – колювіальні (у цьому випадку – зсувні), vd – еолово-делювіальні, m – морські, t – техногенні).

Хоча відсутні дані про геологічну будову верхньої частини тіла зсуву (за геоморфологічною картою з рис. 1 – це верхня і середня тераси, а також поверхня з комбінацією уступів, схилів і невеликих терас), проте є дані про потужність зсувних відкладів у середній (нижня тераса) і нижній частині (поверхня з дрібногорбкуватим рельєфом) – це 5-6 м. Зважаючи на те, що територія зазнала суттєвого вертикального планування, потужність відкладів, які були зсунуті у

верхній частині могла досягати 15 м, до неогенових глин залишалося ще щонайменше стільки ж. Площини ковзання, таким чином, знаходилися всередині лесово-грунтової серії.

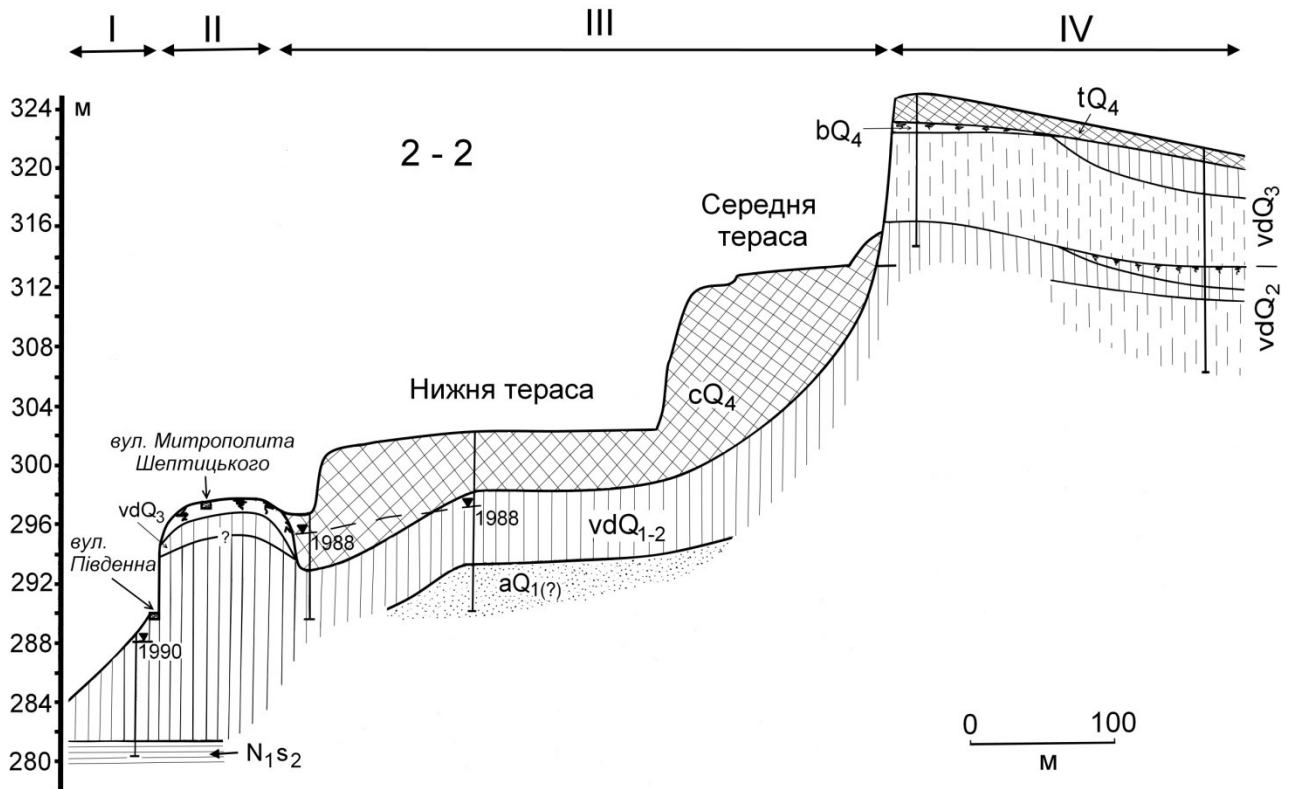


Рис. 4. Геологічний профіль через зсув на вул. Купріна по лінії 2-2 (розташування та умовні позначення – на рис. 2-3). Вгорі вказані геоморфологічні елементи: I – схил долини Самця, антропогенно змінений; II – межиріччя двох балок; III – тіло зсуву; IV – вододіл між Південним Бугом і Самцем).

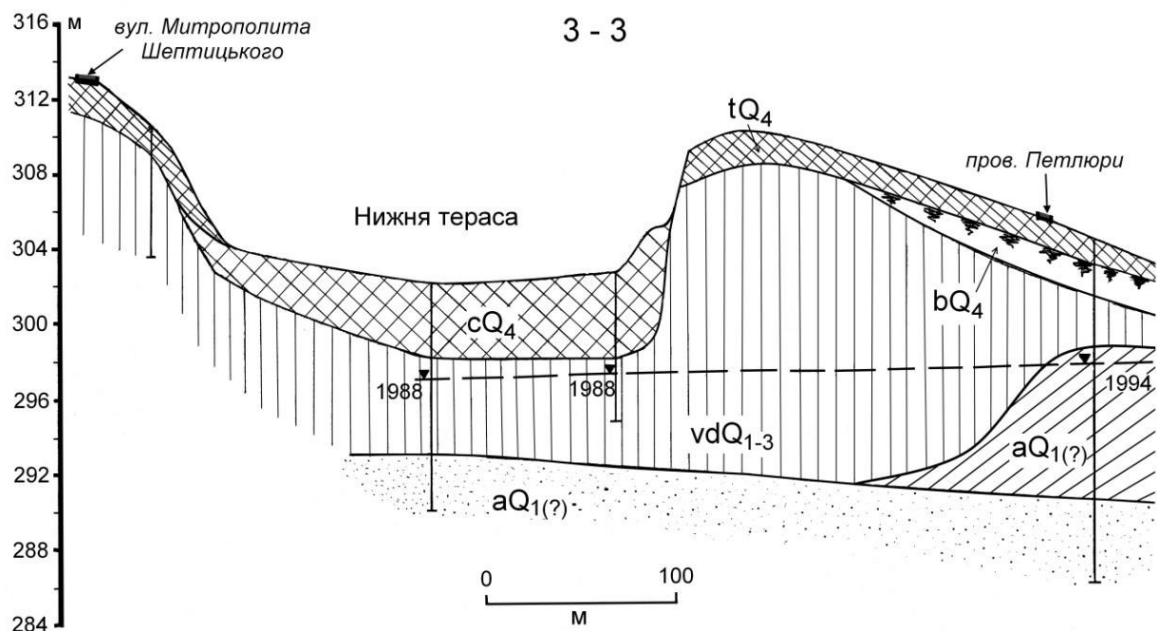


Рис. 5. Геологічний профіль через зсув на вул. Купріна по лінії 3-3 (розташування та умовні позначення – на рис. 2-3).

Зсув охопив сучасний ґрунт і кілька горизонтів четвертинної лесово-ґрунтової серії: це середньо- і пізньоплейстоценові леси – суглинки і супіски, імовірно, й поховані ґрунти, проте саме для території зсуву даних щодо них не знайдено. Висота покрівлі ранньоплейстоценових алювіальних пісків і суглинків на профілі 1-1 – на 293 і 290,6 м, абсолютні максимальні висоти вододілу – 327 м, потужність чорнозему – 1,7-1,8 м. Тому загальна потужність еолово-делювіальних відкладів на цій ділянці межиріччя Самця і Південного Бугу становить 32-36 м (у розрізі Б з них розбурено 19,5 м), можливо, і більше, що є безпрецедентно великим значенням для Подільської височини, а не лише для Хмельницького плато. Також впадає в око той факт, що хоча по той бік вододілу (профіль 1-1) РГВ знаходиться в лесах, на території зсуву і неподалік це не так: його або не виявлено, або він у зсувних відкладах, а в нижній частині – у алювіальних. Хоча на картах початку ХХ століття на північному заході тоді ще балки були виходи джерел на висоті 310 м [4].

Детальніше розгляньмо будову лесово-ґрунтової серії на прикладі розрізів у точках А і Б (див. рис. 2). Для побудови розрізу А на вул. Купріна (у геоморфологічному відношенні – це приводолільна поверхня між Південним Бугом і Самцем) використано дані інженерно-геологічних вишукувань Хмельницькагропроєкту 2015 р. та нашу інтерпретацію генезису і віку горизонтів. Вгорі розрізу знаходяться рештки чорнозему потужністю 0,5 м (1). Нижче залягають: 2,4 м викопного ґрунту – суглинка жовто-коричневого просідного (2); 1,6 м лесу – суглинка жовтого твердого просідного (3); 7 м лесу – суглинка жовтого твердого непросідного (4); 3,2 м викопного ґрунту – суглинка жовто-коричневого напівтвердого непросідного (5); 6,3 м лесу – суглинка жовтого твердого непросідного, з карбонатними стяжіннями (6). Верхній горизонт викопного ґрунту має риси пізньоплейстоценового горохівського викопного ґрунтового комплексу, а нижній – середньоплейстоценовим коршівським викопним ґрунтовым комплексом. Вік решти горизонтів такий: голоцен (1), середній плейстоцен (3, 4, 6).

Абсолютна висота покрівлі нижнього викопного ґрунту – 310,7 м (в інших свердловинах з того ж об'єкту – до 313,9 м), що збігається з гіпсометричним рівнем виходу джерел на поверхні зсуву на картах початку ХХ ст.

Підвищена потужність усіх горизонтів лесово-ґрунтової серії у розрізі А, а також сумарна потужність цих відкладів за даними профілів може вказувати на інтенсивне тектонічне опускання території межиріччя у середньому плейстоцені, яке вплинуло на міграцію русла Південного Бугу на північ, викликало перекриття цими відкладами давнього алювію на досліджуваній території і тотальну зміну морфології поверхні. Раніше ми коротко розглядали проблемні питання еволюції терас Південного Бугу у верхній течії [2], і хоча вони не є предметом

даного дослідження, завдяки дослідженню зсуву на вул. Купріна неочікувано з'ясувалося чимало нових фактів щодо розвитку річкових долин.

Для побудови розрізу Б (провулок Петлюри, у геоморфологічному відношенні – долина Самця) використано дані інженерно-геологічних вишукувань організації “Житомирбудрозвідування” 2016 р. та нашу інтерпретацію генезису і віку горизонтів, як і в попередньому випадку. Вгорі розрізу знаходиться насип з будівельного сміття, перевідкладеного чорнозему тощо потужністю 1,2 м (1). Нижче залягають: 1,4 м лесу – суглинку світло-жовтого твердого просідного (2); 2,1 м викопного ґрунту – суглинку коричневого напівтвердого непросідного, з вапняковими включеннями і кільцями Лізеганга, гідроксидами марганцю і заліза (3); 2,3 м лесу – суглинку жовтого твердого просідного, з лінзами піску і вапняковими включеннями (4); 7,5 м лесу – суглинку жовтого напівтвердого непросідного, з лінзами піску і вапняковими включеннями (5); 2 м глини сірої і зеленувато-сірої твердої з тонкими (1-3 мм) прошарками піску (6).

Хоча викопний ґрунт у розрізі Б залягає близько до поверхні, та його особливості свідчать, що він швидше належить до середньоплейстоценового коршівського викопного ґрунтового комплексу, а не до пізньоплейстоценових ґрунтів. Вік решти горизонтів такий: голоцен (1), середній плейстоцен (2, 4), імовірно, ранній плейстоцен для (5), сарматський вік раннього неогену (6).

У інших свердловинах з того ж об'єкту було виклинювання викопного ґрунту на захід, а сумарна потужність просідних горизонтів за даними бурінь і статичного зондування досягала 9,4-12,3 м (у розрізі Б – усього 3,7). Таким чином, ще одна потенційна причина розвитку зсуву – однорідний потужний просідний горизонт, у якому просідність за сприятливих умов (наприклад, сильна різка вибухова чи сейсмічна вібрація) могла створити початкові стінки відриву.

Під еолово-делювіальними відкладами залягають алювіальні суглинки і піски (імовірно, ранньочетвертинні, але можуть бути старшими), а вже під ними – неогенові глини. Заплава Самця складена сучасним алювієм, на прилеглих до зсуву ділянках – замуленими суглинками вгорі і супісками внизу.

Вишукування 1994 р. у пров. Петлюри виявили тиксотропність суглинків (східний край профілю 3-3, рис. 5).

Тиксотропність (у строгому хімічному розумінні – здатність колоїдів переходити із геля в золь) і пов'язані з нею пливуни (перезволожені відклади, різні за гранулометричним складом і походженням, які зазвичай залягають у формі лінз і переходять у текучий стан під впливом механічного втручання, вібрації тощо) не належать до поширених феноменів на Подільській височині, та все ж для території міста Хмельницького відомі кілька проявів тиксотропних властивостей, про що ми вже писали у [1]. Ця властивість і наслідкові геологічні та геоморфологічні процеси потребують окремого дослідження. Зауважимо лише,

що РГВ знаходиться на глибині 6,3 м якраз у тиксотропному горизонті, а висота його покрівлі – 298,2 м – приблизно така ж, як абсолютна висота підосви нижньої тераси на тілі зсуву.

Отже, відсутність даних про геологічну будову верхньої частини зсуву на вул. Купріна у Хмельницькому спонукала до широкого використання методу аналогій і часом навіть нагадувала працю антропологів, які відтворюють вигляд гомінід за кількома фрагментами черепа. Однак і за таких обставин вдалося встановити особливості залягання відкладів на території і виявити ті їхні риси і властивості, котрі мали найбільший вплив на розвиток зсуву.

Ідеальна геологічна будова для зсувів – четвертинні відклади на неогенових відкладах – тут не спрацювала, бо площа ковзання знаходилася всередині товщі плейстоценових лесів. Детальніша характеристика геологічних причин зсуву, у тому числі, стратиграфії лесово-грунтової серії, впливу рівнів ґрунтових вод та окремих властивостей відкладів (насамперед, просідності та тиксотропності), стане темою наступного дослідження.

Література

1. Колтун В.Р., Колтун О.В. Специфіка інженерно-геологічних вишукувань у ґрунтах з особливими властивостями у м. Хмельницькому // Перспективи нарощування ресурсної бази нафтогазової енергетики: Матер. міжнар. наук.-техн. конф., 25-27 травня 2016 р., Івано-Франківськ. С. 288–291.
2. Колтун О.В. Історія формування надзаплавних терас у верхній течії Південного Бугу // Екологічні дослідження річкових басейнів Лівобережної України: Зб. наук. пр. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2002. С. 222–227.
3. Колтун О. В. Причини зсуву по вул. Купріна у м. Хмельницькому // Землеустрій, кадастр та охорона земель в Україні: сучасний стан, європейські перспективи: Матеріали міжнар. конф. 23-24 вересня 2016 р., Київ, НУБіП. Київ: МПБП «Гордон», 2016. С. 206–210.
4. Колтун О. Геоморфологічні особливості зсуву на вул. Купріна у Хмельницькому // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2017. Вип. 51 (у друці).

Summary

Koltun O.V., Koltun V.R. The Geological Features of the Landslide on Kuprin Str. in Khmelnytskyi City.

This landslide on the left bank of Samets River (the right tributary of Pivdennyi Buh River) is the biggest within Khmelnytskyi City area. Despite its more than half century development are still many questions unknown or unclear. The original ground surface after the shifts has changed the steep slopes to artificial terraces, light hilly surfaces, natural and artificial scarps. The total thickness of the loess-paleosol sequence distinguish 32-36 ms (estimated). The thickness of moved sediments by the main northeast scarp could reach 15 ms. They included the fertile soils and the upper and middle Pleistocene parts from the loess-paleosol sequence. The surface rupture lied down into the last. According to geotechnical engineering investigation in 1983-1990, the thickness of the displaced material in the middle part of the landslide body was 4,5-6,0 ms. Below the loess-paleosol sequence lie lower Pleistocene alluvial sediments: sand and loam. Deeper reposes lower Neogene clay. The oversaturated loam by the southeast range of the toe of the surface of rupture is thixotropic. Upper layers of the loess-paleosol sequence (3-9 ms thick and more) can sink because of its land subsidence ability. The ground water table was situated under the displaced material in the middle part of the landslide and into alluvial sediments closer to the Samets Valley. The soil properties and the groundwater table features need a special research.

Key words: urban landslides, loess landslides, loess-paleosol sequence, Khmelnytskyi City.