

М.Г. Демчишин, Т.В. Кріль

Інститут геологічних наук НАН України,
вул. О. Гончара, 55б, Київ, 01054, Україна,
+380 44 486 3023, DemchyshynMG@nas.gov.ua

ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЇ ЗАПОВІДНИКА «КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКА ЛАВРА»



Вступ. Територія заповідника «Києво-Печерська лавра» розташована у складних інженерно-геологічних умовах на правобережних схилах долини Дніпра й прилеглих до неї ділянок лесового плато. Стабільність та збереження об'єктів Лаври забезпечується системою спеціальних утримуючих та водорегулюючих споруд інженерного захисту.

Проблематика. Більшість зазначених споруд було закладено в різні періоди і не завжди мало належне обґрунтування та виконання. Із розбудовою Заповідника змінювались умови їх експлуатації, тому виникає необхідність перегляду ефективності їх роботи як захисних споруд та подальше удосконалення.

Мета. Визначення обґрунтованості, адекватності, ефективності та стану систем інженерного захисту території Заповідника для їх вдосконалення та запобігання надзвичайним ситуаціям.

Матеріали й методи. Використано схему інженерного захисту території (М 1:1000); план наявного стану території Заповідника (М 1:1000); дані інженерно-геологічних розвідувань різних часів, історичні та археологічні матеріали. Для визначення стану об'єктів інженерного захисту здійснено натурні спостереження (встановлення марок, фотофіксація). При оцінці стійкості території Заповідника використано механіко-математичні основи інженерної геології в комплексі з підходами системного аналізу та теорії інженерно-геологічної подібності.

Результати. Встановлено, що схилі процеси на досліджуваній території обумовлені активним розмивом правого берега Дніпра на цій ділянці, значними обсягами земляних робіт при розбудові Печерської фортеці у XVII–XVIII ст., а також неадекватністю окремих інженерних споруд масштабам і характеру розвитку інженерно-геологічних процесів та їх низькою ефективністю.

Висновки. Вдосконалення систем інженерного захисту полягає у підвищенні рівня технічної експлуатації споруд, поєднанні їх роботи із заходами благоустрою й озеленення, налагодженні системи моніторингу, врахуванні сезонності та аномальності проявів гідрометеорологічних процесів. Впровадження отриманих науково-технічних результатів дозволить підвищити ефективність систем інженерного захисту для охорони й збереження об'єктів Заповідника.

Ключові слова: інженерно-геологічні умови, зсув, провали, суфозія, інженерний захист, укріплення схилів.

«Національний Києво-Печерський історико-культурний заповідник» (далі – Заповідник) як історико-архітектурний ансамбль, об'єкт Всесвітньої культурної спадщини (№ 527 у списку ЮНЕСКО) формувався з X століття на крутих схилах долини Дніпра та прилеглих до них ділянок лесового плато. Інженерно-гео-

логічні умови території ускладнені розташуванням Заповідника між Спаським (Панкратіївським), Лаврським та Залаврським ярами, періодичною активізацією інженерно-геологічних процесів. Укріплення схилів для забезпечення стійкості та надійної експлуатації культових споруд в районі Лаври, як і правобережних схилів Києва в цілому, проводилося тривалий (багатівіковий) періоду часу. Зокре-

ма, в своїй дисертаційній роботі І.М. Киричко [1] відмічає, що «боротьба» зі зсувними явищами велась здавна, але будівництво проти-зсувних споруд носило випадковий характер. Періодичні руйнування будівель та зрушення порід на схилах відновлювали у той чи інший спосіб без урахування причин утворення зсувів та інженерно-геологічних особливостей порід схилового масиву.

В архівних літературних джерелах — роботах з історичного й геологічного вивчення, а також в газетах і журналах до початку ХІХ ст. вкрай рідко зустрічаються описи, історичні дані про розвиток зсувів і «боротьбу» з ними на території Києва, а наявні в інших літературних джерелах відомості є короткими та неповноцінними.

Упродовж останніх століть укріплення дніпровських схилів виконується шляхом їх періодичного планування, озеленення, благоустрою, облаштування підпірних стін, зливовідводів та дренажів різних конструкцій. Проектуванням протизсувних робіт з інженерного захисту Лаври впродовж останніх десятиліть займаються АТ Київпроект, ІнжПроект, Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», наглядом та виконанням ремонтних робіт — Спеціалізоване управління протизсувних підземних робіт.

Разом із тим зафіксовано численні випадки, коли внаслідок необґрунтованого будівництва інженерних споруд із захисту території або незадовільної їх експлуатації спричиняються зсуви, провали та інші екзогенно-геологічні процеси (ЕГП). Так, за період спостережень з 1939 р. і до сьогодні частка дренажних штольневих систем (ДШС) у розвитку ЕГП на схилах становить 19 % і є найвищою з усіх техногенних чинників, що впливають на ці процеси. Проте, незважаючи на безперервне збільшення кількості захисних споруд, розвиток різних ЕГП не припиняється. Більше того, значна кількість зрушень на схилах (зсувів) спричинена саме спорудженням та функціонуванням ДШС [2–4].

Визначення обґрунтованості, адекватності, ефективності та стану систем інженерного захисту території Заповідника дозволить удосконалити системи інженерного захисту території для охорони і збереження об'єктів культурної спадщини світового рівня та запобігти виникненню надзвичайних ситуацій.

В ході дослідження було вивчено історичні матеріали та матеріали археологічних досліджень, що стосуються Центральної історичної частини Києва, стану цієї території в минулому; здійснено натурні обстеження території та споруд, що на ній розташовані (зокрема утримуючих та дренажних споруд) для порівняння їх наявного стану зі станом в минулому. Аналіз території виконували на основі топографічних матеріалів в масштабі 1:1000 і на окремих ділянках в масштабі 1:500 з використанням даних інженерно-геологічних розвідувальних робіт, за якими встановлено зміни обрисів яружних систем. За даними опублікованих матеріалів [5–8] та матеріалами Генеральних схем протизсувних заходів встановлено час і характер гравітаційних зміщень ґрунтів, що мали місце на бортах і по тальвегах Спаської (Панкратієвської) та Лаврської яружних систем.

Також вивчено гідрогеологічні умови території Заповідника за даними багаторічних спостережень за рівнями води в гідрогеологічних свердловинах із врахуванням матеріалів геофізичних досліджень, що проводилися в рамках проекту [2]. Виконано оцінку особливостей рельєфу, гідрографії та рослинного покриву, яка необхідна для проведення заходів з організації поверхневого стоку та благоустрою території, зміцнення основ споруд і заходів з інженерного захисту території.

ГЕОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ЗАПОВІДНИКА

Інженерно-геологічні умови Заповідника на ділянці схилів від парку «Аскольдова могила» до Наводницької балки розцінюються як складні. До підніжжя берегового схилу приймає неширока (переважно 50–100 м) смуга

дніпровської заплавної тераси. Вона перекривається зміщеними відкладами, яружним алювієм і сучасними антропогенними відкладами, на яких прокладено Набережне шосе. Висота схилу над нормальним підпертим рівнем Канівського водосховища (91,5 м) становить понад 100 м, середня його крутизна 23–26°. На цій ділянці схилу розвинені великі яружні системи – Залаврська, Лаврська і Спаська (Панкратіївська), які розчленовують його від верхньої бровки до урізу води в Дніпрі [3, 9].

У структурному відношенні ця ділянка належить до Печерського антиклінального підняття і з поверхні складається з товщі лесових порід (до 15 м), які підстилаються піщано-глинистими відкладами дніпровського льодовикового комплексу антропогену. Гідрогеологічні умови території Заповідника визначаються такими водоносними горизонтами: в четвертинних еолово-делювіальних і озерно-льодовикових відкладах на плато (Верхня Лавра), в четвертинних делювіальних ґрунтах на схилах і в олігоценових (харківських) пісках. Глибокий (до 80 м) Лаврський яр розділяє Заповідник на дві майже рівні частини, на Верхню і Нижню Лавру [3]. Пам'ятники архітектури Верхньої Лаври розташовані в межах київського лесового плато з відмітками 170–198 м. В основі об'єктів Нижньої Лаври, розміщених на схилах Дніпра і Лаврського яру, залягають бурі та строкаті глини, піски новопетрівської та межигірської світ.

Ще до заснування Києва, до початку періоду інтенсивного освоєння дніпровських схилів, тут, згідно з літописними даними, «...був ліс і бор великий...» [10], що стало результатом природного розвитку, який відбувався в голоцені, і забезпечувало природну стабільність території, зарегульованість ЕГП, зокрема схилових ерозійно-гравітаційних.

Перші впливи на природний стан породного масиву цієї території пов'язані із закладанням та розвитком печер (X ст.). Місце започаткування останніх було визначено геологічною будовою схилу – відслонення пісковиків

полтавської світи. В результаті природного розвитку утворені ніші слугували місцем притулку для путівників та інших людей. Важливими в історичному плані є Дальні (Варязькі) та Ближні печери, утворені у відкладах полтавської світи («слабких» пісковиках), відповідно на правому і лівому бортах Лаврського яру з абсолютними позначками 140–145 м, загальною протяжністю понад 500 м.

З приходом християнства печери були місцем проживання ченців, а також місцем їх захоронення. Вони зазнавали обвалів, особливо відмічають обвали на Ближніх печерах після землетрусу 1620 р. На сьогодні в результаті аварійних витоків із водонесучих комунікацій, а також недосконалої системи відводу поверхневих вод, відбувається перезволоження ґрунтового масиву, в якому розміщено печери. Це призводить до численних обвалів склепінь, руйнування цегельної кладки і вивалювання ґрунту зі стін. Так, навесні 2002 р. і в грудні 2003 р. тривалі витокі з водогону спричинили обвалення склепіння в Ближніх печерах. Об'єм вивалу становив близько 3 м³ [2, 3]. На сьогодні печерні виробки є об'єктом паломництва і входять до переліку історичних та архітектурних пам'яток України та світу.

Згодом розпочалося освоєння поверхні – будівництво Успенського собору (1073 р.), зведення Аннозачатіївської церкви як облаштування входу до Дальніх печер (1679 р.) та ін.

З початку X ст., після появи на цій території перших поселень, розширюються резиденції київських князів в селищі Берестові. Природно, для свого побуту, будівництва люди використовують деревину, а беруть її якнайближче – зі схилів долини Дніпра. До XII–XIII ст. у зв'язку з вирубкою лісу і земляними роботами на схилах активізуються ЕГП, яружна ерозія та зсувні зміщення, і все це виступає в тісному парагенезисі.

На формування цієї території, від Спаського яру до Наводницької балки, до Видубичів, а зокрема на розвиток ЕГП, крім метеорологічних умов та геологічної будови, мають вплив

тектоніка, гідрологія та зміни гідрологічного режиму, зокрема активним впливом течії з лівого рукава Дніпра — Десенки (Чорторію), напрямок руху якої припадав саме на схил правого борту Лаврського яру, та його змінами після перекриття русла в гирлі Десни.

Долина р. Дніпро на цій ділянці сформувалася з чітко вираженою правосторонньою асиметрією в результаті злиття основного русла та його лівої притоки — р. Десна (рис. 1). Силовий потік течії з Десенки, наповнений водами Дніпра приходив на цю територію, активізуючи тут процеси зміни берегів.

У 1850 р. Десенку (Чорторій) було перекрито дамбою біля гирла Десни, що обґрунтувалося необхідністю зміни гідрологічного режиму Дніпра біля Києва, спрямуванням основного водного потоку по західному рукаву з метою покращення умов навігації. З одного боку це мало позитивний результат, а з іншого — сприяло вимиванню конусів виносу, які слугували контрфорсами для яружного алювію, що залягав вище на схилі.

СПОРУДИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ЛАВРИ

Споруди інженерного захисту території як для утримання ґрунтових мас, дренажування та відведення поверхневих і ґрунтових вод, так і в плані інженерної підготовки території для будівництва наземних споруд побудовано у XVI—XVIII ст. [3]. На рис. 2 наведено широку систему валів, кам'яних і цегляних огорож, підпірних стін, підземних дренажних галерей і штолень, побудованих в різний час і з різною метою на території Заповідника. Ці інженерні конструкції мали оборонне призначення або використовувалися для планування території при забудові чи організації рельєфу. Згодом деякі з них втрачали свої первісні функції і були перетворені на огорожу території. При активному використанні схилів Лаврського яру і прилеглих територій, а також відновленні та реконструкції культових споруд впродовж минулого століття зведено підпірні кам'яні стіни для закріплення схилів і форму-

вання горизонтальних майданчиків (терас) для розташування будівель.

В межах Верхньої Лаври підпірний мур (стіна) з майданчиком, корпус № 30а (рис. 2, 4) забезпечує експлуатацію корпусів №№ 29, 30, 86. Його зведено у XVIII ст. з метою створення горизонтальної площадки на рівні розміщення Успенського собору, Дзвіниці та Будинку митрополита. Утворена тераса слугує оглядовим майданчиком, де у 1883 р. збудовано іконописну школу та майстерню (корпус № 30). Найбільша висота окремих її ділянок становить 13 м. На сьогодні стіна знаходиться в незадовільному стані (значна кількість ділянок із розвитком щільної сітки тріщин) і потребує ремонтних робіт з підсилення та відновлення облицювання.

На лівому борту Лаврського яру, на вході у Ближні печери, стіна (мур) Данила де Боскета, корпус № 77 (рис. 2, 6) також формує простір для розміщення інженерних споруд — корпусів №№ 36, 41, 48. Стіна довжиною до 150 м, висотою до 20 м, має добре архітектурне оформлення, з ротондою; ширина стіни у верхній частині становить близько 6,0 м, у нижній — ймовірно близько 8 м. Її збудовано за проектом військового інженера Данила де Боскета у 1744—1748 рр. для стабілізації схилів ЕПІ, що проявлялися після інтенсивного втручання в природне середовище: нищення рослинного покриву, порушення поверхневого та підземного стоків. Вірогідно, що потреба зведення стіни полягала не лише в утриманні схилу, а й у формуванні тераси для розміщення культових споруд, зокрема Хрестовоздвиженської церкви (1700 р.) та входу до Ближніх печер (корпус № 41, 1751 р.). У 2012 р. стіна Дебоскета мала численні пошкодження покриття поверхні (близько 40 %), відмічено вертикальні тріщини

Стіна Дебоскета є пам'яткою архітектури України з охоронним номером № 893/71-Кв. На сьогодні, порівняно з 2012 р., відновлено зовнішнє покриття стіни, обладнано системою сучасних датчиків геодезичного контролю;

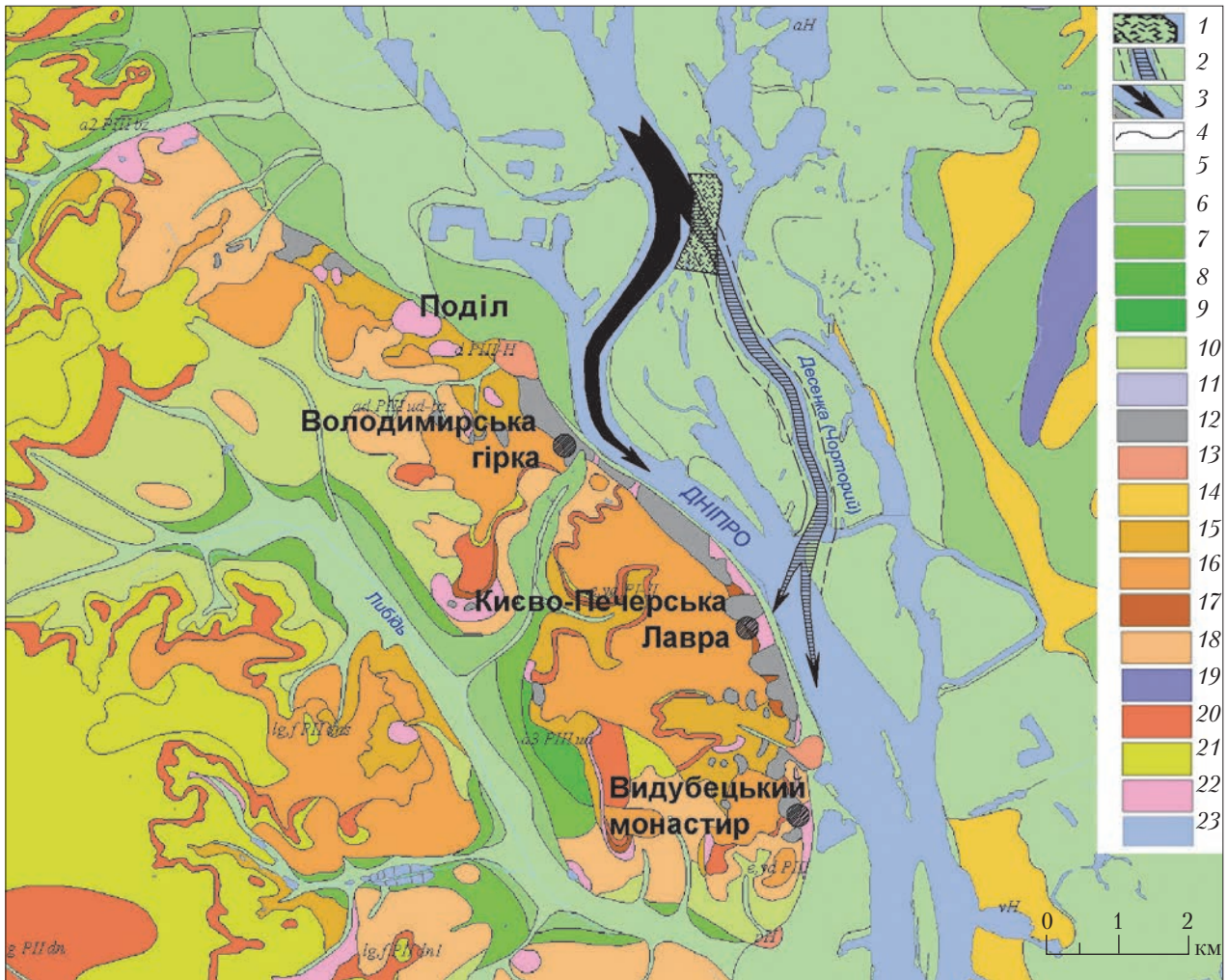


Рис. 1. Схема напрямку основних русел Дніпра в межах Києва до та після перекриття р. Десенки (Чорторію), середині XIX ст.: 1 – ділянка перекриття Чорторію; 2 – реконструкція русла Дніпра до перекриття; 3 – напрямок течії; 4 – границі літолого-генетичних комплексів; 5 – алювіальні відклади русел річок і балок. Піски, супіски, суглинки, аН; 6 – алювіальні відклади I надзаплавних терас високого та низького рівня річок Дніпра і Десни. Піски, супіски, а¹ P_{III} ps; 7 – бузький горизонт. Алювіальні відклади II надзаплавних терас річок Дніпра, Десни, Либіді, Нивки. Піски, супіски, а² P_{III} bz; 8 – удайський горизонт. Алювіальні відклади III надзаплавних терас річок Дніпра і Десни. Піски, супіски, а³ P_{III} ud; 9 – алювіальні відклади IV надзаплавних терас річок Дніпра і Десни. Піски, супіски, а⁴ P_{II}; 10 – алювіально-делювіальні відклади днищ ярів і балок. Супіски, суглинки, піски, ad P_{III}-H; 11 – болотяні відклади русел річок і балок, низьких заплавних терас. Торф, гіття, супіски, бН; 12 – гравітаційні відклади. Зсувні породи різного літологічного складу, gr H; 13 – пролювіальні відклади. Піски, супіски, суглинки, рН; 14 – еолові відклади. Піски, супіски, v P_{III}-H; 15 – делювіальні відклади. Супіски, суглинки, піски, d P_{II}-H; 16 – елювіальні, еолово-делювіальні відклади. Леси, лесоподібні суглинки, супіски, викопні ґрунти, e, vd P_{III}; 17 – нижня і середня ланки нерозчленовані. Елювіальні еолово-делювіальні відклади. Піски, супіски, суглинки (зокрема лесоподібні), викопні ґрунти, e, vd P_{I-II}; 18 – елювіально-делювіальні відклади. Лесоподібні суглинки, супіски, викопні ґрунти, леси, ed P_{III}; 19 – озерно-болотяні відклади. Торф, іли, суглинки, супіски, lb P_{III}-H; 20 – льодовикові відклади (морена). Валунні суглинки і супіски, g P_{II} dn; 21 – Озерно-льодовикові і флювіогляціальні відклади. Суглинки, супіски, піски, (lg, f P_{II} dn); 22 – дочетвертинні утворення, P-N; 23 – акваторія

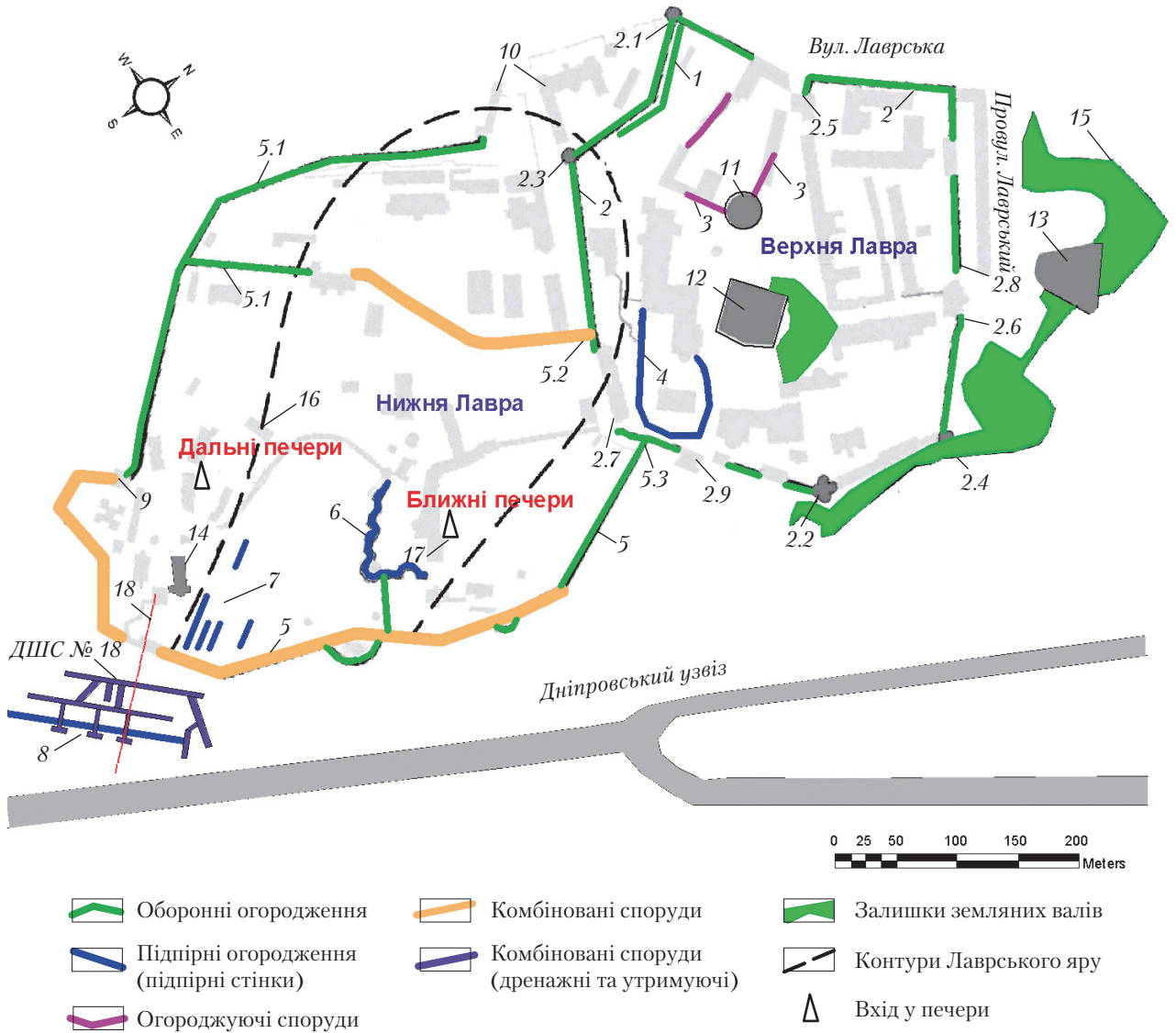


Рис. 2. Огороджувальні, захисні й оборонні споруди Верхньої та Нижньої Лаври: 1 – залишки оборонних укріплень; 2 – оборонні огороження Верхньої Лаври; 2.1 – вежа Іоанна Кущника; 2.2 – Онуфріївська вежа; 2.3 – Південна (Годинникова) вежа; 2.4 – Північна (Малярна) вежа; 2.5 – Економічні ворота із церквою Всіх Святих; 2.6 – Західна Свята брама зі Свято-Троїцькою церквою; 2.7 – Південна (нижня) брама; 2.8 – Північна брама; 2.9 – Східна брама; 3 – мур з брамою біля Великої Лаврської дзвіниці; 4 – підпірний мур тераси з оглядовим майданчиком; 5 – оборонні мури Ближніх і Дальніх печер; 5.1 – підпірна стіна «3-я лінія»; 5.2 – В'їзна брама; 5.3 – Нижня брама на в'їзді до Ближніх і Дальніх печер; 6 – підпірний мур Д. де Боскета; 7 – каскад підпірних стін на правому борту Лаврського яру; 8 – комплексна споруда за проектом Петра Сухтелена; 9 – дзвіниця на Дальніх печерах; 10 – Західна брама зі сторожкою; 11 – Лаврська дзвіниця; 12 – Успенський собор; 13 – церква Спаса на Берестові; 14 – Аннозачатіївська церква на Дальніх печерах; 15 – залишки земляних валів; 16 – контури Лаврського яру; 17 – вхід у печери; 18 – лінія перерізу (див. рис. 4)

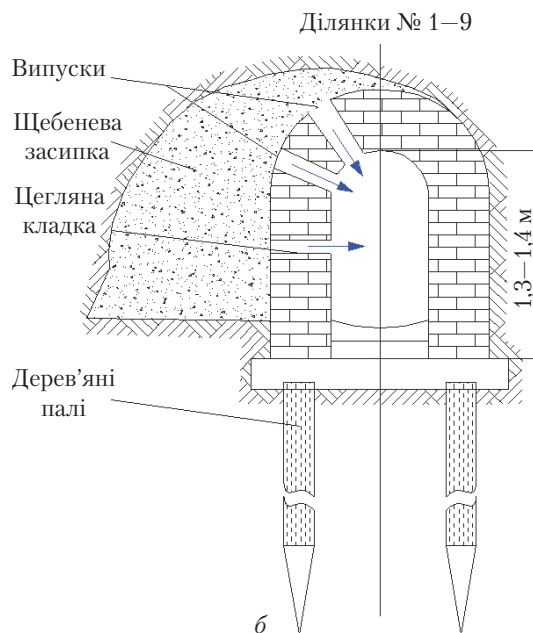


a

Рис. 3. Схема положення комплексної споруди за проектом Петра Сухтелена (ДШС-18 і підпірної стінки) в плані (а) та конструкційне виконання дренажних виробок (б)

співробітниками Заповідника проводиться постійний моніторинг її стану.

Укріплення правого борту Лаврського яру, біля Дальніх печер, де активно проявлявся вплив зовнішніх чинників – підмив течією Дніпра, вплив порушень у геологічному середовищі, спричинених зведенням Рождественського та Спаського бастионів, зокрема зміна режиму підземних вод, вимагало постійного проведення спеціальних заходів для регулювання ЕГП і закріплення схилів. Літературні джерела наводять відомості, що у вирішенні проблем їх стабілізації брали участь навіть імператори (зокрема, Олександр I). З цією метою було розроблено різні варіанти укріплювальних заходів, серед яких у 1806 р. схвалено проект Сухтелена – будівництво (1810 р.) трьохярусної системи: підпірної стінки, ширина якої досягає майже 8 м, та двох ярусів, розташованих на різних рівнях, дренажних виробок – арочних споруд із застінним дренажем для перехвату ґрунтових вод (рис. 3). Ці заходи розцінено нами як створення комп-



б

лексної споруди, що має утримуючу та дренажну функцію (рис. 2, 8).

Не дивлячись на те, що конструктивне виконання інженерних споруд було належним, їх ефективність не виправдалася, оскільки зрушення на цьому схилі продовжувалися і через 200 років після зведення. Можна припустити, що це відбувалось через порушення облашту-

вання поверхневого водовідводу. На рис. 4 наведено модель схилу зі згаданими інженерними спорудами; їх неефективність спричинена з тим, що сам комплекс не придатний для утримання схилу з розвитком пластичних деформацій та зміщень — опливин. На цій ділянці схиліві відклади, охоплені зміщенням, у своєму складі мають переважно фракцію глинистих порід, оскільки у верхній частині схилу залягають строкаті та бурі глини, чутливі до метеорологічних умов. Тому, в цьому випадку, доцільним буде додаткове улаштування систем поверхневого водовідведення та належне його утримання.

На правому борту Лаврського яру, крім оборонної стіни, збудованої після сильного зсуву 1971 р., який зруйнував в нижній частині яру огорожу протяжністю майже 100 м, зведено каскад підірних стін (див. рис. 2, 7) довжиною від 10 до 40 м. В 2009—2010 рр. виявлено ознаки зсувних процесів [11]: розширення тріщин у кладці доріжок вздовж схилів; утворення вертикальної тріщини з розкриттям догори до 6—8 мм у цегляній опорі (стовп) та тріщини відокремлення від опори дерев'яної конструкції у галереї до Дальніх печер; подальше розширення тріщини відколу бордюру від кладки тротуару та нахил ліхтарних стовпів на брівці схилу Лаврського яру з північної сторони корпусу № 67 тощо. Аналіз матеріалів попередніх досліджень вказує, що локалізація цих пошкоджень приурочена до ділянок зсувів, що сталися у 1971 р. Характер зсувних зміщень свідчить про довготривалий процес деформації ґрунтового масиву, зумовлений постійним перезволоженням та активізацією зсувів. Деформації та пошкодження (тріщини на стінах, осідання, вивали ґрунту) у печерах (зокрема, церква Різдва Христового), вірогідно, також спричинені зміною стійкості ґрунтового масиву, а, можливо, й розвитком глибинного зсуву.

Підпірна стіна (ділянка № 3 або «3-я лінія»), збудована у другій пол. XIX ст. — пам'ятка національного значення «Оборонна стіна навколо Ближніх та Дальніх печер», простягається

від корпусу № 71 до корпусу № 65 (рис. 2, 5.1). Вона збудована на брівці плато й огорожує із західної сторони територію Гостинного двору, який розташований в межах XXXII зсувного цирку, що обумовило розвиток ерозійних та зсувних процесів і змушувало керівництво монастиря будувати різного роду укріплення. Оборонне функціональне призначення стіни не відповідає фактичному — у стіні відсутні бійниці, потужність та висота незначні. При натурних обстеженнях підпірної стіни ділянки № 3 встановлено, що вона має численні пошкодження у вигляді наскрізних горизонтальних та вертикальних тріщин, вивалювання цегли та розчину мурування, випирання та нахилу навпроти корпусу № 65, деформації кладки, руйнації верхнього шару мурування. Головними чинниками деформаційних процесів були перезволоження ґрунтового масиву внаслідок сніготанення у 2013 р. [12] та пошкодження зливовідвідної та зливоприймальної систем.

Суттєву роль у змінах ґрунтового масиву відіграло будівництво Дніпровського (Миколаївського) узвозу (1852—1860 рр.) за проектом архітектора Кіберзу, що забезпечував сполучення верхньої частини лесового плато й підхід до Набережного шосе та Ланцюгового мосту. Разом із будівництвом узвозу виконано дренаж щільного типу (ДШС-17), який на сьогодні виконує свою функцію забезпечення стійкості насипу узвозу. В той же період було виконано системи ДШС-23, ДШС-17-біс та «дренажна галерея лаврського яру»; ці споруди більшменш працюють ефективно, осушуючи ґрунтовий масив на підходах до спуску Спаського яру. Дренажні споруди подібного типу також було виконано в межах Лаврського яру і до цього часу вони є функціонально ефективними.

Штучний дренаж підземних вод другого водоносного горизонту вперше використано у 1798—1810 рр. за проектом інженера Петра Сухтелена, коли було побудовано комплексну споруду для дренажування, яка збереглася до теперішнього часу (частково система № 18, див.

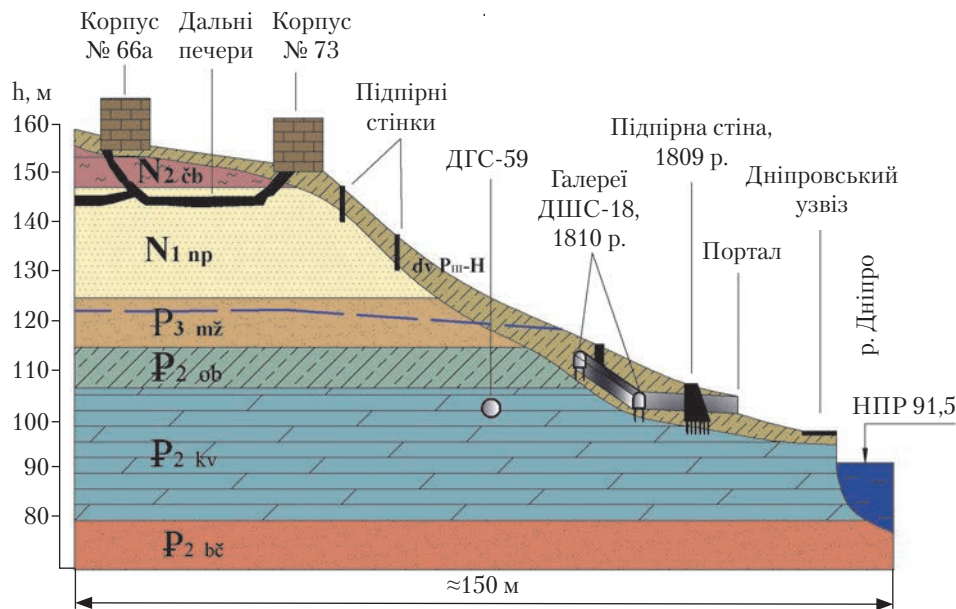


Рис. 4. Схема укріплення схилу за Лаврським яром (положення лінії перерізу в плані див. рис. 2, п. 18)

рис. 2 та 3). На сьогодні таких дренажів (ДШС) побудовано десятки кілометрів. Їх прокладено в присхилових масивах, на деяких ділянках на двох і навіть трьох рівнях для перехвату підземних вод водоносних горизонтів — четвертинного, в схилових відкладах, в харківських пісках. Дренаж являє собою дренажну щілину з цегляним колектором, улаштованим на палях і таким, що виконує роль підпірної стінки (див. рис. 3, конструкція) або має трапецеподібний переріз. Дренування підземних вод здійснюється безпосередньо щебеневою засипкою.

За конструктивними особливостями ДШС на території Лаври поділяють на декілька типів:

1. Глибокі дренажні прорізи з цегляними водозбірними галереями, з отворами для надходження води. Дренування ґрунтових вод відбувається через дренуючу засипку. Це перші ДШС (ДШС-18 (1798–1810 рр.) та ДШС-17 (1850–1860 рр.)), які було споруджено для попередження зсувів на території Києво-Печерської Лаври та Панкратового яру. Вони успішно, без реконструкцій, функціонують і зараз.

2. Штольневі дренажні системи з поперечним перетином у вигляді трапеції розміром

0,9 × 1,1 × 1,8 м, водозбірні галереї яких кріпилися повними двірними окладами з дуба. Їх почали споруджувати з початку ХХ ст. Дренажні колодязі розміром 1,6 × 1,6 і 1,7 × 1,7 м мали соснове кріплення. Дерев'яне кріплення руйнувалося через 4–10 років, залежно від умов експлуатації та якості деревини. Тільки після 1960 р. такі ДШС почали перекріплювати залізобетонними балками.

3. Дренажні системи галерейного типу (ДГС), пройдені щитовим способом, почали застосовувати з 1972 р. При цьому виробки (галереї) закріплюють круглими залізобетонними тюбінгами довжиною 1 м, діаметром 1,8–2,2 м. На території Заповідника це ДГС-59.

Для оцінки ґрунтопроникності навколо виробок дренажних штольневих систем та дослідження її впливу на гідрогеологічні умови і стійкість схилів співробітниками Інституту геологічних наук НАН України виконано комплекс обстежень виробок ДШС № 16, ДШС № 27-біс, ДШС № 27 та витоків із цих систем.

Багаторічні спостереження показали, що інтенсивність дренування «тілом» виробки знижується разом із збільшенням маси новоут-

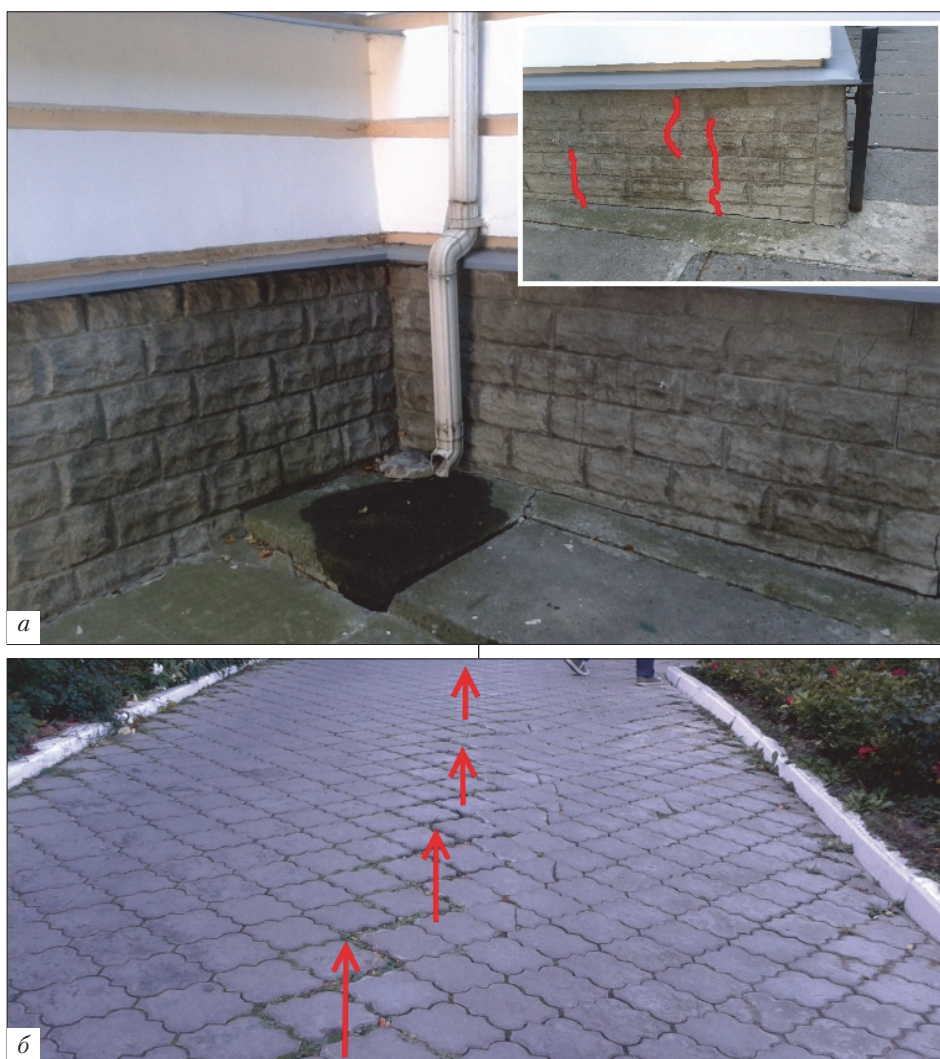


Рис. 5. Деформації облицювання та замощання фундаментів корпусів № 51–52 (а) та здимання покриття доріжок біля них (б). Стрілками показано найбільші деформації

ворень, що вкривають у вигляді кори та сталактитів кріплення виробки й ускладнюють надходження ґрунтових вод. При цьому дебіт виробки, яка дренує лише «тілом», значно зростає після чистки новоутворень, які кольматують отвори між балками.

Для дренажів, прокладених у нижній частині схилу для дренування ґрунтових вод харківського водоносного горизонту, характерною є відносна стабільність дебіту впродовж усього часу їх експлуатації. «Тіло» виробки знаходиться, як правило, у мергельних глинах чи

наглинку київської світи, фільтри довжиною 6–8 м заведені в наглинок або піски харківської світи. Причому при зниженні дебіту одних фільтрів, як правило, збільшується дебіт сусідніх так, що сумарне надходження води залишається приблизно сталим.

За коефіцієнтами ефективності дренажу виконано оцінку ефективності роботи ДШС на території Лаври. В результаті, ефективними можна вважати ДШС-17, ДШС-17-bis, частково ефективними ДШС-27, ДШС-27-bis, ДШС-28 (на ділянці між колодязями 6-13), індифе-

рентними – ДШС-28-bis, ДШС-18, ДШС-55. При чому останню на ділянці з'єднання її з ДШС-28, ДШС-52 та ДШС-23-24 вважати дренажними системами не можна, оскільки вони практично не дренують, а виконують функції водовідведення (ДШС-28), або ж вентиляційного прорізу над печерами (ДШС-52). ДГС-59, що хоча і частково виконує дренажні функції (зафіксовано витрати води на окремих забивних фільтрах), але на стійкість схилу не впливає [2]. Необхідно також розглянути доцільність експлуатації дренажних галерей в буферній зоні Заповідника (ДГС «Дніпро»), яка від самого її створення (1972 р.) не виконувала функцій дренажу другого водоносного горизонту, і не працювала як протизсувна споруда.

На території заповідника функціонує розвинута мережа трубчатих дренажів мілкового закладання, тобто дощової каналізації. Найбільш щільною є мережа відведення поверхневих вод біля Нижньої Лаври. Перехоплені поверхневі води з них надходять у цегляні галереї мілкового закладання (галереї № 1–4) та виводяться у р. Дніпро. Неналежний догляд за системами зливостоків призводить до замокання фундаментів історичних споруд, деформацій облицювання цоколя, як показано на рис. 5.

На ділянках, де відбувалися зсуви, разом із дренажем виконували й інші заходи: планування території, відведення підземних вод та ін. Тому оцінювати ефект попередження зсувів та цілеспрямованість будівництва кожної окремої системи неможливо.

ВИСНОВКИ

При виконанні проекту «Вдосконалення систем інженерного захисту території Національного історико-культурного заповідника «Києво-Печерська Лавра» зроблено аналіз інженерно-господарського освоєння схилу, обґрунтованості та ефективності інженерного захисту території Заповідника, виконаного в різні часи та з різною метою. Розбудова культурних споруд і монастирських побутових при-

міщень відбувалася одночасно з організацією рельєфу навколо Лаврського яру з використанням мурованих стін для закріплення схилів і створенням горизонтальних майданчиків (терас) для розташування будівель.

Стан та характер розвитку процесів на території Заповідника визначають інженерно-геологічні умови. Не останню роль у стійкості схилу та споруд на ньому відіграють міцнісні властивості строкатих та бурих глин. У природному стані лесові ґрунти мають досить високі показники міцності, проте, при додатковому навантаженні або за умови їх замочування внаслідок втрат із водогонів та водовідвідних систем, лесові супіски можуть просідати (І тип ґрунтових умов), що призводить до деформації поверхні та споруд. Деформації споруд супроводжуються нахилом, викривленням несучих конструкцій, обдиманням на стінах і появою в них тріщин із розкриттям до 10–12 см. При нерівномірному просіданні лесових ґрунтів у стрічкових фундаментах під стінами споруд-пам'яток часто виникають тріщини в зонах максимального прогину. Просідання лесових супісок протікають швидко. Різке порушення природних умов залягання лесових ґрунтів при будівництві призводить до нерівномірних осідань споруд внаслідок просідання, механічної та хімічної суфозії.

Значних змін напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, гідрогеологічного режиму та поверхневого стоку територія Заповідника зазнала наприкінці XVII – початку XVIII ст. при розбудові фортеці бастионного типу, коли при зведенні земляних валів, бастионів та в ході копання ровів було виконано земляні роботи обсягом біля 500 000 м³ та знищено лісовий покрив.

При обстеженнях території було зафіксовано деформації та тріщини на спорудах, деформації покриття доріг, замокання на кутах фундаментів та цоколів будівель.

Тому основними рекомендаціями із вдосконалення систем інженерного захисту на території Заповідника є:

1. Регулювання поверхневого стоку, що полягає у здійсненні своєчасного ремонту лотків зливостоків, швидкостоків, колодязів, зливоприймачів. Особливої уваги потребують мережі водогону, каналізації, тепломережі, зливістоки та водоприймачі, які повинні своєчасно очищатись та ремонтуватися.

2. Виконання ремонту або підсилення всіх підпірних споруд, очищення дренажних споруд, від'єднання споруд поверхневого стоку від дренажних (для запобігання замуленню).

3. Накладання мораторію на подальше освоєння підземного простору на рівні водотривких шарів у червоно-бурих глинах та мергельних глинах київської світи.

4. Встановлення нагляду за розвитком деформацій над штольнями глибокого закладання (ДШС-28, ДШС-52, ДШС-55), виявлення аварійних ділянок цих систем та розробка заходів з їх ліквідації. На основі результатів проведених досліджень доцільно розробити систему можливості виведення аварійних ділянок з експлуатації методом «забутовки».

5. Альтернативою дренажним спорудам глибокого закладання є улаштування нових споруд поверхневого водовідведення (променевий дренаж мілкового закладання).

6. Озеленення та благоустрій території є одним із важливих заходів збереження стійкості

геологічного середовища та історико-культурних об'єктів.

Необхідно максимальну увагу приділити стану рослинного покриву майданчиків, садів та скверів на території Заповідника. Особливу увагу слід звернути на сади над Ближніми печерами, оскільки завали печер були спричинені, ймовірно, значним неконтрольованим поливом фруктових дерев. Також варто виконати моніторинг деревної рослинності. На схилах, в місцях розвантаження водоносних горизонтів слід висадити дерева з високою транспіраційною здатністю, а також регулярно та своєчасно видаляти сухостій.

Систему інженерного захисту на території Лаври слід розглядати в контексті території правого берега Дніпра та території Києва в цілому. Для цього потрібно організувати структуру, яка б відстежувала розвиток негативних процесів на території міста та надавала рекомендації для їх усунення. Як підрозділ цієї структури слід розглядати існуючий відділ моніторингу нерухомих об'єктів Заповідника. Стан печерного простору має входити в програму розвитку споруд інженерного захисту цієї території, а також необхідним є контроль його стану й забезпечення стійкості від обвалу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Киричко И.М. *Строительство дренажей мелкого заложения в оползневых районах (Обобщение и анализ опыта строительства дренажей на примерах Киевских оползней)*: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1957. 20 с.
2. Демчишин М.Г., Кріль Т.В., Черевко І.А. *Вдосконалення систем інженерного захисту території Національного історико-культурного заповідника «Кієво-Печерська Лавра»*. Звіт про НДР. Інститут геологічних наук НАН України. Київ, 2017. 128 с.
3. Демчишин М.Г., Кріль Т.В., Анацький О.М. Стан яружних систем правобережного схилу Дніпра в межах м. Київ, забудованих об'єктами історико-культурної спадщини. *Геологічний журнал*. 2014. № 2. С. 85–94.
4. Kril T. *Causes of some hazardous engineering geological processes on urban territories*. 3rd International Conference on Applied Geophysics E3S Web of Conferences. (21–23 June 2017, Gniew). V. 24. doi:10.1051/e3sconf/20172401009.
5. Опшков Є. Київські берегові осуви та боротьба з ними. *Геологічний журнал*. 1921. Т. I, вип. 1. С. 40–60.
6. Лічков Л.С. До питання про режим зсувних явищ в районі розташування м. Києва і його околиць. *Геологічний журнал*. 1938. Т. V, вип. 4. С. 145–194.
7. Логвин Н. Как гибнет Киево-Печерская лавра. *Киевские ведомости*. 26 марта, 1998. С. 12–13.
8. Демчишин М.Г. *Укріплення схилу над Парковою дорогою на ділянці від Паркового мосту до Музичної естради*. Звіт про НДР. Інститут геологічних наук НАН України. Київ, 2005. 65 с.
9. Кріль Т.В. *Техногенні динамічні впливи на геологічне середовище міста (на прикладі м. Києва)*. Київ: Наукова думка, 2015. 160 с.

10. *Повість врем'яних літ: Літопис (За Іпатським списком)*. Переклад з давньоруської. Післяслово, коментарій В.В. Яременка. Київ: Радянський письменник, 1990. 558 с.
11. Черевко І.А. *Інженерно-геологічні умови Дальньопечерного пагорбу в контексті збереження об'єктів культурної спадщини*. Збірник наукових праць «Могилянські читання – 2015». Київ: НКПІКЗ, 2016. С. 306–313.
12. Черевко І.А. *Ділянка № 3 Оборонної стіни навколо Ближніх і Дальніх печер: питання атрибуції, технічний стан, чинники деструкції та засоби попередження*. Матеріали конференції «Церква – наука – суспільство: питання взаємодії» (28–30 травня, 2014, Київ). Київ: НКПІКЗ, 2014. С. 59–64.

Стаття надійшла до редакції 23.07.18

REFERENCES

1. Kyrychko, I. M. (1957). *Construction of shallow drains in landslide areas (Generalization and analysis of the experience of the construction of drainage on examples of Kiev landslides)*. PhD (Techn.) [in Russian].
2. Demchyshyn, M. G., Kril, T. V., Cherevko, I. A. (2017). *Improvement of the engineering protection systems of the territory of National historical and cultural reserve "Kiev-Pechersk Lavra"*. Report on research work. Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
3. Demchyshyn, M. G., Kril, T. V., Anatsky, O. M. (2014). State of draft systems of a right-bank slope of Dnepr at the territory of a historical and cultural heritage in Kyiv. *Geologichnyy zhurnal*, 2, 85–94 [in Ukrainian].
4. Kril, T. (2017, June). *Causes of some hazardous engineering geological processes on urban territories*. 3rd International Conference on Applied Geophysics E3S Web of Conferences. V. 24. doi:10.1051/e3sconf/20172401009.
5. Oppokov, Ye. (1921). Kyiv coastal drafts and struggle with them. *Geologichnyy zhurnal*, I (1), 40–60 [in Ukrainian].
6. Lichkov, L. S. (1938). On the question of the regime of landslides in the vicinity of the city of Kiev and its environs. *Geologichnyy zhurnal*, 4, 145–194 [in Russian].
7. Lohvin, N. (1998, 26 March). How does the Kiev-Pechersk Lavra die. *Kyevskyye vedomosti*, 12–13 [in Russian].
8. Demchyshyn, M. G. (2005). *Strengthening the slope above the Park Road on the site from Parkova Road to Musical stage*. Report on research work. Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
9. Kril, T. V. (2015). *Technogenic dynamic influences on the geological environment of city (on an example of Kyiv)*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
10. *Tale of Bygone Years: chronicle (for Ipat'skiy list)*. (1990). Translated from the Old Rus., Afterword, comments V.V. Yaremenko. Kyiv: Radianskyi Pysmennyk, 558 p. [in Ukrainian].
11. Cherevko, I. A. (2016). *Engineering-geological conditions of the Dalhepecherny hill in the context of preservation of cultural heritage objects*. Collection of scientific works «Mohylianski chytannia – 2015». Natsionalnyi Kyievo-Pecherskyi istoriko-kulturnyi zapovidnyk. 306–313 [in Ukrainian].
12. Cherevko, I. A. (2014, May). *Region # 3 of the Defensive Wall around the Near and Far Caves: the issue of attribution, technical condition, factors of destruction and means of prevention*. Materials of conference "Church – Science – Society: Interaction Issues", 59–64 [in Ukrainian].

Received 23.07.18

Demchyshyn, M.G. and Kril, T.V.

Institute of Geological Sciences, the NAS of Ukraine,
55 b, O. Gonchar St., Kyiv, 01054, Ukraine,
+380 44 486 3023, DemchyshynMG@nas.gov.ua

IMPROVEMENT OF THE ENGINEERING PROTECTION SYSTEMS OF THE KYIV-PECHERSK LAVRA RESERVE TERRITORY

Introduction. The territory of the Kyiv-Pechersk Lavra reserve is located in difficult engineering and geological conditions on the right-bank slopes of the Dnieper River valley and adjacent areas of the loess plateau. The stability and preservation of Lavra's objects is ensured by special systems of engineering protection (retaining and water-regulating structures).

Problem Statement. Most of these structures were built in different periods and did not always have proper justification and configuration. With the development of the Reserve, the conditions have changed for their operation, thus, there is a need to review their effectiveness as protective structures and to improve them.

Purpose. Determination of feasibility, adequacy, efficiency, and condition of engineering protection systems of the Reserve to improve them and to prevent emergencies.

Materials and Methods. The scheme of engineering protection of the territory (scale 1:1000); the plan of the current state of the Reserve (scale 1:1000); data of engineering and geological surveys, historical and archaeological materials are used. To determine the condition of engineering protection objects, field observations have been carried out (installation of marks, photo fixation). To assess the stability of the Reserve, mechanical and mathematical principles of engineering geology have been used in conjunction with the approaches of system analysis and the theory of engineering and geological similarity.

Results. The landslides in this area have been established to be caused by active erosion of the right bank of the Dnieper River, significant amount of earthworks during the construction of the Pechersk fortress in the 17th–18th centuries, as well as by engineering structures that are inadequate to the scale and nature of geological processes and by their low efficiency.

Conclusions. Improvement of engineering protection systems implies raising the level of their maintenance, combining the maintenance works with the landscaping and gardening activities, establishing a monitoring system, and taking into consideration the seasonality and abnormality of hydrometeorological processes. The implementation of the obtained R&D results will raise the effectiveness of engineering protection systems for the protection and preservation of objects of the Reserve.

Keywords: engineering and geological conditions, landslide, gaps, suffusion, engineering protection, strengthening of the slopes.

М.Г. Демчишин, Т.В. Криль

Институт геологических наук НАН Украины,
ул. О. Гончара, 55 б, Киев, 01054, Украина,
+380 44 486 3023, DemchyshynMG@nas.gov.ua

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «КИЕВО-ПЕЧЕРСКАЯ ЛАВРА»

Введение. Территория заповедника «Киево-Печерская Лавра» расположена в сложных инженерно-геологических условиях на правобережных склонах долины Днепра и прилегающих к ней участков лессового плато. Стабильность и сохранение объектов Лавры обеспечивается системой специальных удерживающих и водорегулирующих сооружений инженерной защиты.

Проблематика. Большинство сооружений были заложены в разные периоды и не всегда имели надлежащее обоснование для строительства. С развитием Заповедника изменялись условия их эксплуатации, поэтому возникает необходимость пересмотра эффективности их работы в качестве защитных сооружений и последующее усовершенствование.

Цель. Определение обоснованности, адекватности, эффективности и состояния систем инженерной защиты территории Заповедника для их улучшения и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Материалы и методы. Использованы схема инженерной защиты территории (М 1:1000); план существующего состояния территории Заповедника (М 1:1000); данные инженерно-геологических изысканий, исторические и археологические материалы. Для определения состояния объектов инженерной защиты проводились натурные наблюдения. При оценке устойчивости территории Заповедника использованы механико-математические основы инженерной геологии в комплексе с подходами системного анализа и теории инженерно-геологического подобия.

Результаты. Установлено, что склоновые процессы на этой территории были обусловлены активным размывом правого берега Днепра, значительными объемами земляных работ при возведении Печерской крепости в XVII–XVIII вв., а также неадекватностью отдельных инженерных сооружений масштабам и характеру развития инженерно-геологических процессов и низкой их эффективностью.

Выводы. Совершенствование систем инженерной защиты заключается в повышении уровня технической эксплуатации сооружений, сочетании их работы с мероприятиями по благоустройству и озеленению, налаживании системы мониторинга, учете сезонности и аномальности проявлений гидрометеорологических процессов. Внедрение полученных научно-технических результатов позволит повысить эффективность систем инженерной защиты для охраны и сохранения объектов Заповедника.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, оползень, провалы, суффозия, инженерная защита, укрепление склонов.