

**РЯЗАНОВА НАДЕЖДА ІВАНІВНА**

Головний спеціаліст, ПП «ІНСТИТУТ «КРИМГПНТІЗ»

Основні напрямки науково-виробничої діяльності: вишукування у складних інженерно-геологічних умовах під об'єкти будівництва та реконструкції.

Автор 16 опублікованих робіт

E-mail: nadezhda-ryazanova@list.ru

УДК 624.131.31.4

ГЕОТЕХНІЧНІ ПИТАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ (НА ПРИКЛАДІ СУДАЦЬКОЇ ФОРТЕЦІ)

Ключові слова: зсувонебезпека, ґрунти культурного шару, просадність ґрунтів

Розглядаються аспекти інженерно-геологічних досліджень деформаційних процесів споруд культурної спадщини і типові причини, що їх викликають, спільні для багатьох історичних та архітектурних об'єктів; порівнюються геотехнічні властивості ґрунтів культурного шару та суглинків просадних, які слугують підґрунтям для фундаментів споруд, що підлягають реконструкції на прикладі Генуезької фортеці в м. Судак.

Рассматриваются аспекты инженерно-геологических исследований деформационных процессов сооружений культурного наследия и вызывающие их типичные причины, общие для многих исторических и архитектурных объектов; сравниваются геотехнические свойства ґрунтов культурного слоя и суглинков просадочных, залегающих в основании фундаментов сооружений, подлежащих реконструкции на примере Генуэзской крепости в г. Судак

The article focuses on aspects of engineering geological investigations of deformation processes of buildings of cultural heritage and their typical causes, which are common to many historical and architectural objects. Geotechnical properties of the soils of the cultural layer and subsiding loams which lie at the base of the foundations of buildings under reconstruction have been compared on the example of Genoese fortress in Sudak.

Різноманіття реакції ґрунтових умов на техногенний вплив обумовлюється інтенсивністю розвитку, довжиною періоду релаксації, відновленням геодинамічної рівноваги чи її порушенням на наступному рівні розвитку після завершення техногенних впливів.

До складних та небезпечних екзогенних геологічних процесів (ЕГП) відносяться підтоплення (близько 24 %), просадність (більш 41 %), здимальні властивості ґрунтів, зсувонебезпека, та ін. в межах території України [1].

На схилах ерозійних врізів, не пов'язаних з розривними порушеннями, ерозійні процеси викликають утворення невеликих ерозійних спливин, зсувів. Природні фактори утворення зсувів (міцнісні властивості порід, що складають схил; несприятливі локальні інженерно-геодинамічні умови, циклічні сезонні зволоження, що проявляються; тектонічні впливи, поверхнева й глибинна, річкова і ярово-балкова ерозія) приводять до втрати рівноваги споруд на схилах, зміні напруженого стану масивів [2]. Піки активізації зсувів синхронно пов'язані із сезонами зволоження, коли атмосферні опади найбільш часті (весна, кінець року).

Наприклад, в рамках науково-дослідних робіт «Проведення наукових та інженерно-геологічних досліджень і розроблення Рекомендацій із запровадженням протизсувних заходів на прикладі території Генуезької (Судацької) фортеці» ПП «ІНСТИТУТ

«КРИМГІНТІЗ» виконано комплексне дослідження причин деформаційних процесів в спорудах. Основна мета та призначення розробки – наукові дослідження інженерно-геологічних умов і зсувонебезпечності території Генуезької (Судацької) фортеці Національного заповідника «Софія Київська» для сприяння збереженню цієї археолого-історико-культурної пам'ятки, її розвитку та популяризації; визначення кількісних характеристик факторів зсувонебезпеки і оцінка стійкості схилів в часі і просторі, підготовка рекомендацій із запровадження інженерного захисту території від зсувонебезпечних процесів.

За результатами досліджень встановлено інженерно-геологічну будову і співвідношення інженерно-геологічних елементів ґрунтів на ділянці між баштами № 5 та № 3, які з'єднувалися частково реставрованою стіною (довжина становила близько 123 м), де знаходяться залишки фундаментів колишньої прямокутної вежі Пасквале Джудічі (№ 6, збудованої 1392 р.), які були знайдені археологами під керівництвом Ю.В. Готьє (рис.1).

З врахуванням археологічних даних, архівних матеріалів вишукувань 1988-1991 рр. виконано уточнення площі і глибини охоплення схилів просадними та зсувонебезпечними процесами, узагальнено напрацьовані матеріали із спостережень за динамікою зсувонебезпечного зміщення, розраховано коефіцієнти стійкості та зсувні навантаження за вибраними перерізами для оцінки ступеню зсувонебезпеки території в цілому.

Генуезька (Судацька) фортеця в м. Судак – один з достойних надзвичайно цікавих архітектурно-археологічних пам'ятників кримського середньовіччя – була побудована за західноєвропейськими фортифікаційними зразками.

Згідно з написами на кам'яних плитах, встановлених в стіні по закінченні будівництва, перша споруда в фортеці була збудована генуезцями в 1371 р., а остання – в 1469 р. Площа фортеці - 29,5 гектари.

В фортеці існували два взаємозалежних діючих яруси оборони – нижній і верхній. Один з них – нижній – включає в себе колись оточену ровом масивну захисну стіну з бойовими баштами та воротами, перед якими знаходилось передмостове укріплення – барбакан. Нижній ярус оборони знаходиться біля підніжжя Кріпосної гори. Він був оточений заповненим водою ровом.

Експедиція археолога О.Ч. Скржинської в 1927-1929 рр. встановила, що нижче поверхні землі були встановлені два нижніх житлових поверхи будівлі. Зовні висота башти до поверхні землі становила 8,5 м. Всередині вишина до насипу з парапетом 4,2 м, тобто всередині наплив землі становив не менше 4,3 м, а висота Напівкруглої башти відповідала рівню відсипаних куртин.

Наносний (від вітру та дощу) шар ґрунту та будівельних решток (культурний шар) від порушених споруд досягає під стінами з внутрішньої сторони фортеці в середньому близько 2,5 м. Тому справжня їх висота здалеку не спостерігається навіть в місцях їх повної реставрації.

Стіни укріплень та башти складені з місцевого сірого вапняку, пісковика і вапняку-черепашковика, які закладені вперемішку з необробленим так званим «рваним» камінням на дуже товстому шарі розчину з битою цеглою і посудними черепками. Відома недбалість в побудові ряду фортечних об'єктів пояснюється, вірогідно, і відсутністю коштів, і поспішністю, викликану загрозою нападу зовні.

Нижня частина окремих башт закріплювалась поло-

Дивись рисунок 1, на стор. 4 обкладенки

гим укосом – контрфорсом, який виконував не лише інженерне завдання, але й бойове - від нього відскакувало каміння, скинуте вниз захисниками фортеці, що збільшувало площу й можливість ураження ворога, тобто підвищувало військово-оборонний потенціал.

Самою відомою дослідницею Генуезької фортеці і в цілому генуезьких факторій в Криму (Каффа - Феодосія, Солдайя – Судак, Чембало – Балаклава, Солхат, Чобан-Куле) була вчена зі світовим ім'ям, археолог, історик і лінгвіст Олена Чеславівна Скржинська.

Роботами 1928 р. (зондування в різних пунктах біля підніжжя споруд фортеці) встановлено, що Судацька фортеця не має ніяких, руйнуючих її цільність субструкцій: скрізь, до самого початку фундаменту, спостерігається однакова кладка, яка свідчить про одночасну забудову. Фундаменти влаштовані або на скелі, на якій зроблені зарубки, або влаштований вирівняний майданчик шляхом забутування поверхні та укладки фундаментів за допомогою бутового каменю й міцного розчину з піском, або на товщі цільної глини біля нижньої стіни. В рукописах О.Ч. Скржинської згадується про те, що 2 серпня 1827 р. губернатор Нарішкін відправив доповідну записку міністру внутрішніх справ про древності Таврійської губернії. Гідний для не-археолога 20-х років XIX ст. звіт: згадані обриси фортеці, матеріал, надписи, башти, гончарні труби, ворота. Важливо, що вказано на наявність в окремих спорудах підземелля.

В 1880 р. фортеця була виставлена на продаж. Імператорській Одеській спілці історії і древності довелося прикласти великих зусиль для відміни цього рішення та призупинити рішення про її знесення. Територія була передана німецьким колоністам в оренду з правом випасу худоби до 1910 р.

В доповідній записці А.Л. Бертге-Делларда в 1910 р., віце-президента Імператорської Одеської спілки історії і древності вказувалося, що руїни Генуезької фортеці перебувають в жахливому стані: в межах руїн постійно знаходилась на випасі худоба, стіни обвалюються, чотири чи п'ять башт дали тріщини й загрожують впасти. Московська археологічна спілка просила нагально прийняти міри для збереження цього пам'ятника. З 1890 р. за його спонсорської підтримки Одеською спілкою розпочато ремонтні роботи каплиці та кількох башт. Зокрема, в 1910 р. була відремонтована Напівкругла башта.

Музей «Генуезька (Судацька) фортеця» заснований в 1925 р. і був підзвітний Державному історичному музею в м. Москва.

Влітку 1944 р. за дорученням Ленінградського відділу Інституту матеріальної культури після звільнення Криму від окупантів О.Ч. Скржинська виїжджала для вивчення стану та ступеню руйнації археологічних і архітектурних пам'ятників (в тому числі Генуезької фортеці), нанесених військовими діями за роки німецької окупації.

Після Великої Вітчизняної війни з 1958 р. фортеця функціонує як Архітектурно-історичний заповідник «Генуезька (Судацька) фортеця» в складі Національного заповідника «Софія Київська».

Ділянка досліджень розміщена на конусоподібній горі Киз-Куле-Бурун (Кріпосна) біля однойменного мису на узбережжі Судацької бухти Чорного моря.

Солдайя – форма скелі висотою близько 160 м над рівнем моря. З її вершини проглядається простір, замкнутий мисами Меганом на сході та Ай-Фока на заході, й широка Судацька долина. Лінія узбережжя Судацької затоки між невеличкими мисами Хис-Куле-Бурун та

Алчак-Кая має стабільно спокійний характер і визначає природні межі самої фортеці з півдня і південного сходу, та відділена від моря смужкою галечного пляжу, знаходиться в стані стійкої динамічної рівноваги; процесів, викликаних морською абразією (обвали, зсуви, відступ берегового кліфу та бенча), не спостерігається. Узбережжя в південній частині фортеці було захищене від абразії моря в 60-70-х роках ХХ століття.

Досліджувалась ділянка північного схилу на території фортеці, біля підніжжя якого знаходиться зруйнована ланка частини стіни Генуезької фортеці між баштами Напівкруглою та Лукіно ді Фьєски ді Лаванья [Х століття], де були відмічені стабільні осідання і деформації споруд.

Територія входить в склад структури II-го порядку Судацько-Феодосійської підзони в південно-східній частині Гірського Криму – Судацький синклінорій (прогин), частина якого картується на суші.

В геологічній будові території приймають участь корінні породи судацької світи пізнього келловею середньої юри (догеру) – середнього оксфорду пізньої юри (мальму), представлені аргілітами, що перемежовуються з алевролітами та пісковиками, й породи оксфордського ярусу верхньої юри, представлені біогермними коралово-водорослевими скельними вапняками. Корінні породи перекриті делювіально-пролювіальними нашаруваннями причорноморського кліматоліту, представленими твердими суглинками і жорстковими ґрунтами з суглинним заповнювачем, і насипними утвореннями (культурний шар).

Нашарування четвертинної системи різної потужності на території досліджень розповсюджені майже скрізь. Серед них встановлено кілька стратиграфо-генетичних комплексів різного віку: невідокремлені делювіально-пролювіальні проверстки причорноморського кліматоліту верхньо-неоплейстоцен - голоценового віку ($d-pP_{III}p\check{c}-H$) із суглинків і техногенно-делювіально-елювіальні утворення або так названі «культурний шар» ($t+d+eH$).

Культурний шар представлений делювіальним злежаним суглинком сірим, зеленувато-сірим, сірувато-бурим, із включенням різнорідної жорсткості до 25%, твердої консистенції, в окремих інтервалах пухким, просадним, неоднорідним.

По всьому напластуванню незакономірно зустрічаються фрагменти і залишки кісток, уламки полив'яної кераміки, вулстичих залишків, побутових невизначеного призначення уламків, добре відшліфовані жорсткові та щебеневі уламки пісковика, обпаленої червоної цегли, вапняку, полив'яної кераміки. Потужність 0,3 - 5,7 м.

Суглинок просадний зеленувато-сірий, твердий, грудкуватий, із включенням жорсткості пісковика, вапняку й алевроліту до 20% від об'єму; потужність змінюється від 0,3 до 4,9 м.

Ґрунти культурного шару неоднорідні, на окремих інтервалах проявляють просадні властивості. В пробах 1988-1991 рр. встановлено просадні властивості ґрунтів. В відібраних монолітах 2010р. із свердловин навпроти веж Напівкруглої, Лукіно ді Фьєски ді Лаванья лабораторними дослідженнями просадні властивості ґрунтів культурного шару в компресійних приладах не виявлені. Ґрунт в відібраних інтервалах отримав додаткове ущільнення, маловологий.

Просадні властивості виявляються у ґрунтів культурного шару (рис. 2) в районі зруйнованої нині стіни та башти № 6 (на теперішній час територія відгороджена для проведення археологічних розкопок і відкрита для зовнішнього огляду) в меншій мірі, ніж у суглинків просадних у природному стані. Початковий просадний тиск змінюється від 0,5 кгс/см² до 1,80 кгс/см², а величина відносної просадності (при навантаженнях 1,0-4,0 кгс/см²) змінювалась від 0,014 до 0,067.

За даними компресійних випробувань суглинки, що підстиляють ґрунти культурного шару, теж володіють просадними властивостями, а територія їх розповсюдження відноситься до I типу ґрунтових умов за просадністю. Початковий просадний тиск склав 0,15 кгс/см², а величина відносної просадності (при навантаженнях 1,0-3,0 кгс/см²) – від 0,052 до 0,092.

Зовнішніх класичних ознак прояву активного зсуву на місцевості не спостерігається, відсутні заколи-тріщини, зсувні тераси в головній частині розповсюдження ґрунтів культурного шару і делювію, відсутній відпір ґрунтів в зовнішній частині куртини північної стіни на ділянці її руйнації. Тим паче, що біля підніжжя Напівкруглої башти виходять вивітрілі аргіліти на поверхню, вони частково служать природним контрфорсом для споруд.

Водонасичених ґрунтів в жодній свердловині в вертикальному перерізі не виявлено. Але стіни нижнього ярусу активно сприймають дію атмосферних опадів з боку водозбірної території прилягаючої частини схилу. Крім того, відбувається зовнішнє безпосереднє замочування стін атмосферними опадами у сполученні з інтенсивною дією вивітрювання еолового характеру.

Стіни веж Напівкруглої та Лукіно ді Фьєски ді Лавані пронизані багатьма волосяними тріщинами близько 1 мм зовні і в середині (рис. 3).

Відмічено вертикальне осідання ґрунту в південно-східному куті біля підніжжя східної стіни Напівкруглої башти близько 4,5 см.

В західній частині фрагменту стінного муру біля башти Лукіно ді



Рис. 3. Башта Лукіно ді Фьєски ді Лаванья. Внутрішня сторона нижнього ярусу стін фортеці, 2010 р.

Дивись рисунок 2, на стор. 4 обкладенки



Рис. 4. Деформації стіни біля вежі Лукіно ді Фьєски ді Лаванья на внутрішній стіні нижнього ярусу фортеці, (2010 р.).

Фьєски ді Лаванья міститься тріщина шириною 2-4 см під кутом 45° (рис. 4).

Ділянка верхнього ярусу стіни з розрахунків виключена, оскільки фундаменти там знаходяться на скельних вапняках, тріщини швидше викликані фізичним вивітрюванням (атмосферні опади, еолові навантаження) споруд і розчину кладки стін.

Аналіз розрахунків стійкості схилу показує, що схил в природному стані при основному сполученні навантажень має достатній запас стійкості ($K_{ст}$ склав 1,33-1,59), за винятком двох ліній, де $K_{ст} = 1,09-1,19$.

При зволоженні ґрунтів масив не забезпечений нормативним запасом стійкості або переходить в нестійкий стан ($K_{ст}=0,96-1,18$) при сейсмічності території інтенсивністю 8 балів; і переходить в нестійкий ($K_{ст}=0,76-1,18$) при сейсмічності території інтенсивністю 9 балів.

Пласка ерозія в періоди інтенсивного надходження атмосферних опадів частково вимиває пиловаті частинки ґрунтів культурного шару в напрямку розвантаженого сектора, де знаходиться зруйнована стіна між баштами Напівкруглою та Лукіно ді Фьєски ді Лаванья.

Заданими технічного звіту КДП «Київгеоінформатика» на східній частині північної стіни нижнього ярусу фортеці загальний крен башти Лукіно ді Фьєски ді Лаванья (Безіменна 3) зріс до 230 мм при допуску 64 мм, північно-східного кута башти Безіменна 7 - до 159 мм при допуску 56 мм, північно-західний кут башти Кора до Чикало - до 150 мм при допуску 63 мм, а західний торець кріпосної стіни біля башти Лукіно ді Фьєски ді Лаванья (марка 0204) набув найбільшого осідання -6,8 мм (за останній рік -2 мм), а суміжна марка 0139 має осідання -1,3 мм; у верхній частині пункт 40 виявив осідання -9 мм. Це свідчить про наявність системних деформацій в основі згаданих споруд.

За результатами хімічного аналізу водної витяжки

ґрунти зони аерації в відібраних пробах проявляють сульфатну та хлоридну агресивність до бетонів.

Ґрунти культурного шару злежані, в природному стані мають кращі фізико-механічні показники (модуль деформації $E_{пр}=26$ МПа, $E_{зв}=15$ МПа; коефіцієнт пористості $e=0,667$ дол. од.; питоме зчеплення $c=32$ кПа, кут внутрішнього тертя 23 град.), ніж суглинки просадні (для порівняння - модуль деформації $E_{пр}=17$ МПа, $E_{зв}=10$ МПа; коефіцієнт пористості $e=0,649$ дол.од.; питоме зчеплення $c=21$ кПа, кут внутрішнього тертя 24 град.), тому можуть бути віднесені до III категорії за сейсмічними властивостями. В розрахунках стійкості схилу застосовані два варіанти розрахунку: для інтенсивності сейсмічної дії в 8 та 9 балів.

Таким чином, територія в інженерно-геологічному відношенні

потребує міроприємств по захисту існуючих споруд і забезпеченню стійкості зсувонебезпечних ділянок:

- потрібно виключити потенційне замочування ґрунтів культурного шару та суглинків просадних з організацією водовипусків і водозбірних жолобів з нагірної сторони башти Лукіно ді Фьєски ді Лаванья і на схід від неї, де створюється баражний ефект та насичення заповнювача між кам'яною кладкою, з обов'язковим доведенням до водовідвідних пристосувань;
- значна дія вивітрювання і велике міграційне водонасичення атмосферними опадами стін фортеці як зверху так і від поверхні землі призводить до руйнації споруд, спостерігається висока капілярна кайма на стінах фортеці; необхідно застосувати водозахисні реагенти верхньої частини стін або покриття, які служили б прототипом даху;
- виключити динамічні і вібраційні навантаження на ґрунти і споруди при виконанні реставраційних робіт та міроприємств інженерного захисту;
- необхідно зв'язати стіною відсутній її сектор між баштами Напівкруглою та Лукіно ді Фьєски ді Лаванья, або забезпечити опорні конструкції для підтримання стін на примиканні до вказаних веж;
- враховувати просадні властивості ґрунтів (сумарна потужність 8,8 м).

Ґрунти культурного шару можуть бути в окремих випадках (за підтвердження польовими штамповими дослідженнями, статичним зондуванням, лабораторними дослідженнями, та ін.) віднесені до третьої чи другої категорії за сейсмічними властивостями, оскільки за своїми фізико-механічними показниками не гірші в якості підґрунтя для фундаментів споруд; в тому числі враховуючи історико-геологічний час їх формування і консолідації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рязанова Н.И., Лушчик А.В. Развитие оползневых процессов под влиянием техногенных факторов// Экология довкілля та безпека життєдіяльності. 2005. № 3. - С. 93-101.
2. Рязанова Н.И. Эколого-инженерно-геологична оцінка техногенної дії споруд на зсувонебезпечність території (на прикладі м. Алушты) // Труды Міжнародної конференції з геотехніки «Розвиток міст і геотехнічне будівництво» під ред. проф. В.М. Уліцкого. - Санкт-Петербург: НВО «Геореконструкція - Фундамент проект», 2008. - С.339-344.