

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ «Інститут геології»
Кафедра гідрогеології та інженерної геології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
спеціальність 103 – Науки про Землю
освітня програма «Геологія»

**ТЕМА: «ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ СХИЛУ НА ДІЛЯНЦІ БУДІВНИЦТВА ПО ВУЛИЦІ
АДМІРАЛА УШАКОВА 22-26 В МІСТІ КИЄВІ»**

Виконав

студент 4-го курсу
кафедри гідрогеології та інженерної геології
Микола КЛІМА



Науковий керівник



доцент, кандидат геол. наук
Оксана ДИНЯК

Робота рекомендується до захисту (протокол № 13
кафедри гідрогеології та інженерної геології від 13.06. 2023 р.)

Завідувач кафедри



професор, доктор геологічних наук
Олексій КОШЛЯКОВ

Київ – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ	
1.1. Фізико-географічні умови району робіт	5
1.1.1. Положення ділянки.....	5
1.1.2. Клімат.....	6
1.1.3. Гідрографія, рельєф та геоморфологія.....	7
1.1.4. Геолого - гідрогеологічна вивченість.....	15
1.2. Геологічна будова.....	17
1.2.1. Структурно-тектонічні особливості	17
1.2.2. Стратиграфія.....	19
1.3. Гідрогеологічні умови	25
1.4. Інженерно-геологічні умови.....	30
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ СХИЛУ	
2.1 Інженерно-геологічні умови ділянки робіт.....	31
2.2. Методика визначення стійкості схилу.....	35
2.3. Розрахунок стійкості схилу.....	40
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46

ВСТУП

Сьогодні спостерігається тенденцію до збільшення частоти екзогенних геологічних процесів, зокрема на території Києва. Кожного року реєструються десятки випадків значних переміщень ґрунтових масивів, які, в свою чергу зазвичай призводять до руйнувань або слугують поштовхом для розвитку подальших масштабних зсувів.

Актуальність теми.

Зсувні процеси на території Києва завжди викликали серйозні проблеми. Тому актуальність даної роботи та проблеми в цілому зберігатиметься на протязі довгого часу. Зсуви становлять серйозну загрозу життю людей, об'єктам інфраструктури та природному середовищу в багатьох регіонах світу. Частота прояву зсувів значно більша, ніж повенів, землетрусів та ураганів. Зсуви становлять серйозну небезпеку, які призводять до суттєвих людських і фінансових втрат (*Kaliukh et al., 2013*). Основні зсувні процеси в Києві обумовлені геологічними, геоморфологічними, гідрогеологічними, ландшафтно-кліматичними факторами та техногенним впливом людини .

В даній роботі наведені результати обробки інженерно-геологічних даних вишукувань на об'єкті: Протиаварійні роботи на схилі біля садиб №22, 24, 26 на вул. Адмірала Ушакова у Голосіївському районі м. Києва.

Мета і завдання дослідження.

Метою даної роботи було визначення стійкості схилу на об'єкті вишукувань, з подальшим розрахунком можливих протизсувних заходів.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- 1) Проаналізувати інженерно-геологічні умови ділянки дослідження;
- 2) Визначити стійкість схилу (в природньому та водонасиченому стані);
- 3) Визначити стійкість схилу з урахування прояву сейсмічних сил;
- 4) Визначити стійкість схилу за умови облаштування протизсувних заходів.

Для вирішення поставлених завдань моделювання схилу по вул. Адмірала Ушакова проводилось за допомогою програмного забезпечення GEO5.

Об'єкт дослідження - геологічне середовище в межах схилової ділянки.

Предмет – зсувні процеси на досліджуваній ділянці.

Практичне значення:

Отримані результати можна використати при проектуванні протизсувних заходів на ділянці по вулиці Адмірала Ушакова у Голосіївському районі м. Києва.

Апробація - робота апробована на XIII Всеукраїнській молодіжній науковій конференції-школа «Сучасні проблеми наук про Землю» з доповіддю на тему «ПОТЕНЦІЙНА ЗСУВНА НЕБЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЗЕМЛЕТРУСІВ».

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ

1.1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ

1.1.1. Положення ділянки

Ділянка робіт знаходиться в Голосіївському районі міста Києва, а саме по вулиці Адмірала Ушакова 22-26. Досліджуваний схил знаходиться на правому березі Дніпра з координатами $50^{\circ}22'29.3''\text{N}$ $30^{\circ}32'16.0''\text{E}$ абсолютні відмітки складають 145,74 м. та 116,24 м. відповідно. Загальна орієнтація схилу, з північного заходу на південний схід.

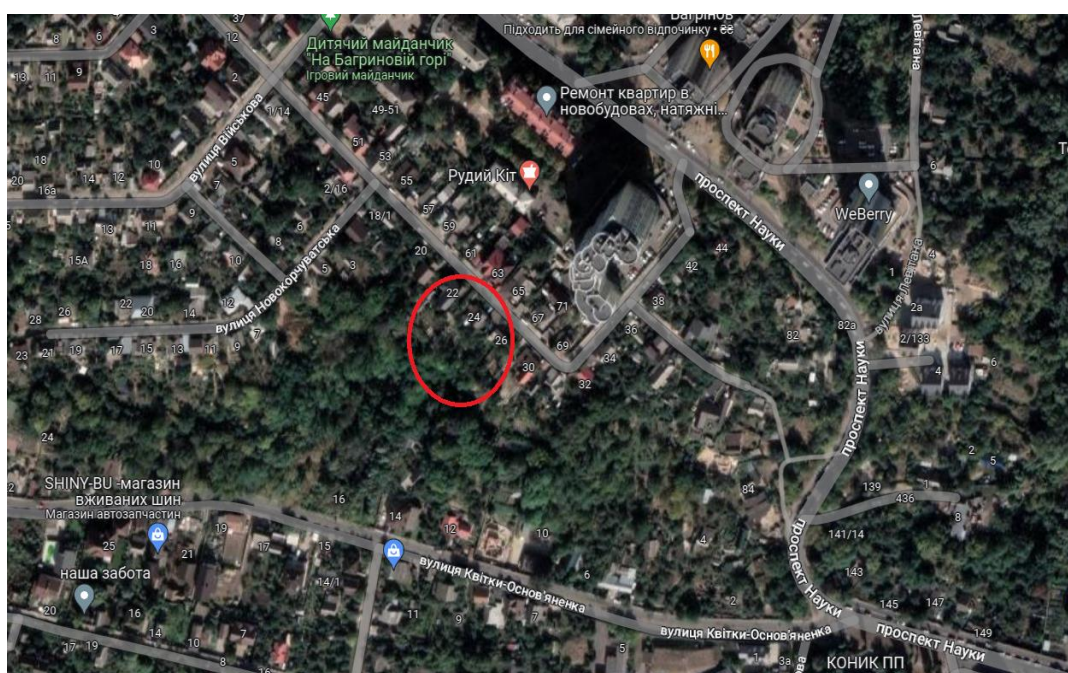


Рис. 1.1 - Положення ділянки



Рис. 1.2 - Зсувні процеси на ділянці вишукувань.

1.1.2. Клімат

Для району ділянки вишукувань, характерний помірно-континентальний клімат, із м'якою зимою і теплим літом. Перепад висот сприяє тому, що холодне повітря рухається з верхніх точок в пониження рельєфу, зазвичай в долини річок, і знижує там температуру.

Показники середньорічної температури повітря становлять в середньому $+7,7^{\circ}\text{C}$. Середньомісячні показники температури повітря, за місяцями, відображені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Середньомісячні температури повітря, за місяцями $^{\circ}\text{C}$:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,1	18,2	19,3	18,6	13,9	8,1	2,1	-2,3	7,7

Найхолоднішим місяцем року, як правило, є січень ($-3,5^{\circ}\text{C}$), найтеплішим-липень ($+20,5^{\circ}\text{C}$). Абсолютний мінімум був зафіксований в лютому 1929р ($-32,2^{\circ}\text{C}$), абсолютний максимум в серпні 1898 — $+39,9^{\circ}\text{C}$ (Кравчук П. А. 2011). Середньорічна кількість опадів знаходиться в межах — 650 мм, максимум опадів припадає на липень (88 мм), мінімум — на жовтень (35 мм). Взимку в зазвичай утворюється сніговий покрив, з середньою висотою покриву в лютому 20 см, (84 см. максимальна). В окремі роки бувають безсніжні зими, і сніговий покрив не утворюється (Департамент екології та природних ресурсів 2021).

Загалом за рік переважають західні вітри. Які зазвичай приносять атмосферні опади, підвищення температури взимку та її деяке зниження влітку.

Швидкість вітру є загалом незначною. Найбільша вона у зимові місяці, найменша - влітку. Середня швидкість вітру становить: 2,8 м/с в січні, та 2,1 м/с. в липні. Вітер швидкість якого перевищує 10 м/с зазвичай спостерігається 78 днів за рік, понад 15 м/с — 11 днів.

1.1.3. Гідрографія, рельєф та геоморфологія

Згідно загального геоморфологічного районування України, територія району вишукувань розташовується на межі трьох областей: Придніпровської височини, Придніпровської та Поліської низини (*Департамент екології та природних ресурсів 2021*).

Правий крутий берег річки Дніпро розділяє Придніпровську височину і Придніпровську низину. Межа між Поліською низиною та Придніпровською височиною не є чіткою і, фактично, проходить по північному розповсюдженню лесів.

Своєрідний рельєф обумовлений геологічною будовою правобережних схилів Дніпра, та врізаних в плато долин його притоків (*Л. П. Ліщенко*, Н. В. Пазинич, О. М. Терemenko. 2014*).

Рельєф правобережної частини міста Київ — Київське плато порізане густою сіткою ярів на окремі височини такі як: Печерські пагорби, гори Щекавицю, Хоревицю, Батієву та інші. Київське плато простягається не широкою смугою по правому березі Дніпра, від північно-західної частини Києва до Канева. Крайня південна точка Київського плато вважається гирлом річки Рось. Загальна протяжність вздовж берега становить близько 180 км. В основі його тектонічної будови лежить Український кристалічний щит. Дана структура виступає його певною окраїною. Київське плато загалом дуже бідне на корисні копалини які мають промисловий характер. Відзначаються незначні поклади гончарної глини, піску та мергелів. За природними умовами, північна частина району відноситься до Полісся, південна — до лісостепу.

Гідрографічна сітка густа, належить до басейну р. Дніпро. Найбільш значні лівобережні притоки такі як — Десна, Трубіж, Супой, та правобережні — р. Прип'ять, Уж, Рось, Здвиж, Тетерев, Ірпінь, Стугна. Річкові долини у даній області не є широкими і в середньому мають ширину 1-2 км. Схили долин є високими і відносно крутими. Вони часто мають заплавні зони, які можуть бути заболочені. Ширина русла річок варіюється від 3-5 до 20-50 м, а на річці Дніпро

може досягати 300-500 м. За типом живлення, ці річки відносяться до рівнинних, отримуючи воду від сніготанення та інфільтрації підземних вод. Типовим для цих річок є режим з чітко вираженою весняною повінню, низькими літньо-осінніми рівнями та дощовими поводями. Замерзання річок розпочинається наприкінці листопада або на початку грудня.

Придніпровська височина представлена легко підвищеним рельєфом, що формувався в період від пізнього неогену до голоцену, і має акумулятивно-денудаційний структурно-генетичний тип. Придніпровська височина розташована на півночі від Придніпровської низовини і відділена високим (до 100,0 м) і крутим правим берегом річки Дніпро. Межа між Поліською низиною та Придніпровською височиною не завжди чітко виражена і в основному проходить по північній межі лісового покриву. Висоти вододілів, які переважно покриті лісами і сягають 180,0-200,0 м, сприяють активній ерозійній діяльності. Тому Придніпровська висота має густу і глибоку систему полярно-балкового розчленовування. Схили балок, як правило, симетричні через вторинне розчленування поверхні молодшою ерозійною системою. З віддаленням від річкових долин розчленованість поверхні помітно зменшується. Річкові долини відбуваються до типу "оформлених". Долини річок Стугні, Либіді, Сіверки, Красної, Бобриці та інші мають чіткі контури на плані і часто відрізняються асиметрією в поперечному профілі. На крутих схилах цих долин можна спостерігати відслонення дніпровської морени, де відбулася денудація. У долинах річок Стугні, Красної, Бобриці немає терас на корінних шилах на окремих ділянках. Глибина річкових долин у середньому становить 40,0-50,0 м. Ширина річкових долин коливається в межах від 3,0 до 3,5 км і залежить від ступеня їх розробленості. У рельєфі річкових долин можна спостерігати рівні сучасної заплави, а також фрагментарно присутні перша, друга і третя (льодовиково-повенева) надзаплавні тераси. Найбільш виразними є заплава і друга надзаплавна тераса. Перша надзаплавна тераса має невелику ширину і часто розмивається, так само як і третя, яка закріплена у долині річки Красна в

селі Григорівка, де вона виявлена в алювіальних піщаних шарах бузьких лісовидних суглинків. Третя надзаплавна тераса розташовується на розмитій поверхні обухівських алевритів. Найбільшим прикладом розробки надзаплавних терас є долина річки Стугна на Придніпровській височині. Тут чітко простежуються два рівня надзаплавних терас. Заплава є двосторонньою і має ширину, яка змінюється від 250, 0 до 350,0 м у верхній частині і до 1 км у дівчині, з висотою однієї води 0,6-1,5 м. Поверхня заплави є рівнинною, хоча деякі шиллові ділянки можуть бути заболочені. Вона складається із сучасних суглинисто-піщаних алювіальних відкладів. Перша надзаплавна тераса простягається смугами по обох берегах річки Стугни. Вона відділена від заплави похилим уступом з висотним перевищенням від 4 до 5 м (іноді 6-7 м). Ширина тераси сягає від 250-500,0 м. друга надзаплавна тераса річки Стугни в рельєфі характеризується ділянками поверхні, які знаходяться на вищому рівні з першою надзаплавною терасою. Ці ділянки мають більш-менш чіткі уступи. Друга надзаплавна тераса не розвинена повсюдно, частіше зустрічається на правому березі річки. Відносна висота цієї тераси становить 14-17 метрів над рівнем води, а її ширина коливається від 0,6 до 1,7 кілометра. Поверхня тераси є рівниною з місцями яругами. Ця надзаплавна тераса складається з суглинисто-піщаного верхнього неоплейстоценового алювію.

Яруги і балки в цій області представлені різновиковою і різноманітною мережею. Є яруги двох типів: берегові та приводні яруги (первинні), а також донні яруги, що успадкували балки (вторинні). Балки поділяються на широкі, глибоко врізані з постійними водотоками і менших розмірів балки-відвершки, які будуть розвиватися. Найбільші балки пов'язані з придолинними ділянками річок, таких як Дніпро, Либідь, Стугна, Красна, Сіверка, Бобриця, з геоморфологічними характеристиками, схожими на річкові долини. В окремих місцях різниця річок досягає 50-60 метрів. Балки мають складну структуру з багатьма розгалуженнями балок-відвершок, які характеризуються меншою ступенем розвиненості. Важливо відзначити, що крутизна схилів правого

корінного борту долини Дніпра в місті Київ і на ділянці Халеп'я – Вітачів – Гребені, де присутні водопроникні та водотривкі верстви, створює небезпеку зсувів. Зсуви, які стабілізувалися, часто мають два яруси: верхній, зсунутий по глинах неогенового віку, і нижній, зсунутий по алевритах і мергелях обухівської та київської світ палеогену.

Поліська низина займає північно-західну третину аркуша і є моренно-зандровим денудаційно-аккумулятивним структурно-генетичним типом рельєфу, сформованим у середньому переплейстоценно-голоценовому періоді, і значно утворений вітровою діяльністю. Абсолютні відмітки поверхні зменшуються з півдня на північ від 190,0-180,0 м до 170,0-160,0 м. Рельєф поверхні слабо розчленований ерозійною ярugno-балковою мережею. Окремі балки мають невелику глибину врізу і плавні шили. У міжрічкових площинах часто спостерігаються западини, які можуть бути заболочені, а на відокремлених відповідних процесах денудації ділянки на поверхні виявляються суглинисті морени.

На поверхні Поліської низини розвинуті вітрові аккумулятивні форми рельєфу, такі як пагорби, гряди і горбисті піски, що призводять до хвилястості поверхні. Серед пісків, що покривають низину, можуть бути окремі ділянки залісненого ґрунту ("лісові острови"). Поверхня цих островів традиційно трохи вища в рельєфі, і до них приурочена більша частина зовнішньо-балкової мережі. В межах низини значної площі займають широкі долини річок Ірпінь, Буча, Бучанка, Нивка, Мощунь. Глибина їхнього розрізу остаточно не перевищує 30 метрів, контури нечіткі, схили широкі і м'які, без виражених берегових уступів. У річкових долинах Поліської низини можна спостерігати формування заплави, що складається з трьох надзаплавних терас, на поверхні яких піддані вплив вітрової діяльності. Долини є широкими, часто заболоченими і утворюють утворення торфу. Найбільшою з цих долин є долина річки Ірпінь. Ширина її заплави досягає 2-3 кілометрів, а відносна висота заплави становить

0,3-0,4 метра. Поверхня заплави часто заболочена, заторфована і місцями ускладнена піщаними грядками.

Заплава складається з алювіальних пісків, суглинків, торфу, а також мулу, який перешаровується. Вона лежить на розмитій поверхні київського злиття. Перша надзаплавна тераса найбільш чітко виражена на лівій боці долини, де відносна висота досягає 7-8 метрів. Поверхня цієї тераси часто ускладнена піщаними грядками і горбистими пісками, які перетинаються заболоченими западинами і неглибокими яскравими, що відкриваються у заплаві річки Ірпінь. Товщина суглинисто-піщаного шару, що складає цю терасу, становить 10-15 метрів. На окремих ділянках, навколо сіл Горенка, Гореничі та міста Ірпінь, уступи першої надзаплавної тераси складаються в основному з денудованої суглинистої дніпровської морени, утворюючи стрімкі тераси без алювіальних відкладень. Друга надзаплавна тераса морфологічно менш виражена. Відносна висота її змінюється в межах 15,0-20,0 метрів, а максимальна ширина досягає 2,5-3 кілометрів. Поверхня другої тераси містить піщані гряди, горбисті піски та субаеральні, часто заболочені западини. Вона також має невеликі балки та яруги. Товщина алювіальної суглинисто-піщаної товщі досягає 25 метрів.

Третя надзаплавна тераса річки Ірпінь, відомо також як льодовиково-повенева тераса, виявлена на двох ділянках. Перша ділянка знаходиться поблизу села Плесецьке, Новосілки, Жорнівка, і має абсолютні відмітки поверхні в межах 170,0-180,0 метрів. Друга ділянка знаходиться поблизу с. Мощун, Старі Петрівці, Раківка, і має абсолютні відмітки поверхні в межах 140,0-150,0 метрів. Рельєф поверхні тераси на обох ділянках має таку ж форму, як і прилеглі міжрічкові площини.

Третя тераса складається переважно з однорідного піску і має значну товщину, досягаючи 45 метрів. Максимальна ширина тераси становить 6-8 кілометрів. Поверхня тераси перетворена еоловою діяльністю, а на окремих ділянках її відклади приховані лісовидним суглинком. Терасові відклади лежать на розмитих поверхнях алевритів обухівської світи, які частково або повністю

виходять від палеодолини пра-Ірпінь, що існувала в ранньому-середньому неоплейстоценовому періоді. Закопана долина пра-Ірпінь не відображається в сучасному рельєфі, але її було досліджено свердловинами на правому, східному боці долини річки Ірпінь від поблизу села Плесецьке до північної рамки неподалік від села Раківка, а також у відгалуженнях біля села Мар'янівка та міста Вишгород. Річка Ірпінь перетинається з сучасною долиною річки Дніпро. Третя надзаплавна тераса заповнена суглинисто-піщаною товщею з лінзами бурого вугілля, яка лежить на розмитих поверхнях алевритів і злиття обухівської та київської світ на відмітках 155,0-105,0 метрів. Ірпінь ерозійно-денудаційною діяльністю перетинає просторові алювіальні відклади раннього неоплейстоцену, що загально межиріччя Здвиж-Ірпінь. Товщина еоплейстоценових алювіальних пісків, елювіальних і еолово-делювіальних глин створюється на розмитих поверхнях алевритів обухівської світи відмітки 130,0-120,0 метрів із загальним нахилом на північний схід (*Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. 2001*).

В сучасному рельєфі не спостерігається відображення ерозійно-аккумулятивних процесів, які відбувалися в еоплейстоценовий період, а лише спостерігаються за допомогою свердловин. Придніпровська низина охоплює всю східну частину аркуша і має структурно-генетичний тип рельєфу, який формувався в середньонеоплейстоценово-голоценовий період шляхом алювіального денудаційно-аккумулятивного процесу, значно перетвореної діяльністю вітру. У рельєфі низини беруть участь заплавні й терасові відклади річок Дніпро та Десна, які єдину масу разом із заплавою річки Дніпро. Ці відклади лежать на розмитій поверхні порід київської світи та бучацької серії. Сучасний рельєф характеризується ступінчастою будовою з підвищенням від 95,0 до 150,0 м і слабкою ерозійною порізаністю. На поверхні присутні лише кілька водотоків, які мають широкі долини з неглибокими (15-20 м) схилами. Покриття алювіальних відкладів сильно перероблено вітровою діяльністю, що проявляється у великій кількості форм, таких як пагорби, гряди, горбисті піски,

заболочені субаеральні западини, що характеризують хвилястість рельєфу. Деякі ділянки денудаційної поверхні відкривають старі глини. Долина річки Дніпро на заході обмежена крутим схилом, який складається в основному з докембрійських відкладів, а на сході вона простягається за межі аркуша.

Морфологічно заплава характеризується низьким рівнем висот. Абсолютні висоти поверхні заплави змінюються в межах від 89,0 до 96,0 м, а її ширина досягає максимального значення біля села Гнідин - 12 км, біля міста Києва вона становить 3,5-3,8 км.

Поверхня заплави, має нерівний рельєф з характерним старовинним рельєфом, порізаним протоками і старицями. У тилівій частині заплави є просторові пониження, які заповнені заплавленими болотами. Також можна спостерігати окремі ізольовані острови, що належать до першої надзаплавної тераси. Заплава складена алювіальними різнозернистими відкладами, такими як піски, суглинки, мул та торф, які перекривають один одного. Загальна товщина цих відкладів становить 15-25 метрів.

Формування заплавної тераси почалося під час голоцену, з початком останнього похолодання пізнього неоплейстоцену. У цьому періоді зменшилися водні потоки, що сформували першу надзаплавну терасу. Ця тераса розвинена найбільш повно на лівому березі Дніпра, але фрагментарно також зустрічається на правому березі. Особливо добре розвинена на Лівобережжі. Максимальна висота поверхні тераси над рівнем Дніпра становить 15,0-18,0 метрів, а її ширина досягає 11 кілометрів. На високому рівні тераси зустрічаються ділянки борової тераси, які складаються переважно з піщаних відкладів. Низький рівень проявляється в межах обмежено розширених язиків, які вклинюються між другою й третьою надзаплавними терасами. Ці миви складаються переважно із суглинистих відкладів алювіально-озерного походження. У районах високих рівнів широко розширені піщані гряди та горбисті піски, розділені западинами заболочених углиб. Найнижчі ділянки на тилівому краю тераси пов'язані з найбільшими болотами, озерами та родовищами торфу. Формування першої

надзаплавної тераси відбувається в течії вітчизняного тепла та бузького похолодання пізнього неоплейстоцену.

Друга надзаплавна тераса річки Дніпро розвинена на лівому березі та частково на сході та заході, закриваючи залишковий масив третьої надзаплавної тераси. Протест з боку русла Дніпра друга тераса майже повністю зміщена і фрагментарно збереглася лише на ділянках, що знаходяться в межах масиву третьої тераси біля міста Києва та сіл Проців, Глибоке, Гологурів. Відносна висота другої тераси над рівнем Дніпра становить 20-30 метрів. Межі тераси нечіткі, уступ та тиловий шов простежуються лише на окремих ділянках, а великий з них засипані навіяними пісками. Піски індивідуальні піщані гряди та горби, які разом із західними хвилями поверхню тераси (*Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. 2001*).

Друга надзаплавна тераса складається переважно з суглинисто-піщаного алювію, який перекриває поверхню елювіально-делювіально-солових та еолових піщаних і суглинкових відкладів. Характерною ознакою другої тераси є шар стародавніх суглинків, що має значну товщину від 3 до 10 метрів, а іноді досягає 15 метрів і більше, і простежується майже на всій площі тераси, зокрема в середній частині. Ці суглинки відкриті на денудаційних ділянках. Формування другої надзаплавної тераси відбувається під час прилуцького потепління та удаїнського похолодання верхнього неоплейстоцену.

Третя надзаплавна тераса річки Дніпро простягається остатковим масивом від села Рожівка на півночі через села Бортничі та Вишеньки, на заході до села Проців на півдні, а також через великі села Калинівка, Олександрівка та Мартусівка на сході. Вона виклинається біля села Глибоке на півдні. На лівому березі, в межах досліджуваної території, висота третьої тераси над рівнем Дніпра становить 30,0-50,0 метрів. Межі тераси зі сходу нечіткі, а висота уступу до другої тераси чітко простежується лише на окремих ділянках. Більшість цих ділянок засипана навіяними пісками. Межі тераси з боку русла Дніпра більш чіткі, особливо на ділянках, де перша і друга тераси розміті, і третя тераса

межує з сучасною заплавою. Висота крутого уступу, часто з уривчастим рельєфом, іноді ускладненого навіяними вітрами підздовж піщаного вала, сягає 30-45 метрів з абсолютними висотами приблизно +145,0 метрів, найбільшими на лівому березі. Більша частина поверхні третьої тераси є рівнинною, хоча на деяких ділянках вона слабо хвиляста через підвищені піщані гряди, горбисті піски та субаеральні заболочені западини.

Третя надзаплавна тераса складається переважно з піщаного алювію середнього неоплейстоцену, який перекриває поверхню алювіально-делювіально-еолових піщаних відкладів та еолових лесовидних суглинків й супісків. Третя надзаплавна тераса утворилася після дніпровського зледеніння середнього неоплейстоцену і до прилуцького потепління. Цей часовий інтервал охоплює період, коли льодовикові морени середнього неоплейстоцену були відсутні у товщі тераси. Алювій Придніпровської низини заповнював нерівності дочетвертинної поверхні, включаючи уступ Ядловсько-Трактемирівського підняття, єдиного, що досягав підшви четвертинних відкладів. У південній частині тераси значні площі покриті алювіальними стародавніми суглинками, які відслонилися на відпрепарованих денудаційних ділянках, що не мають покривних відкладень.

1.1.4 Геолого - гідрогеологічна вивченість

Під час виконання роботи, доцільно використовувати данні Держгеолкарти, а саме аркуша М-36-XIII (Київ).

“На час видання Держгеолкарти-200 аркуша М-36-XIII (Київ) наявні такі геофізичні матеріали:

1. карта локальних аномалій сили тяжіння масштабу 1:200 000, складена за матеріалами гравіметричної зйомки масштабу 1:50 000 для північної частини площі й масштабу 1:200 000 для південної її частини;

2. карта ізодинам ДТa масштабу 1:200 000, яка складена за матеріалами аеромагнітної зйомки масштабу 1:25 000;

3. карта ізогіпс поверхні кристалічного фундаменту масштабу 1:200 000, складена за даними спостережень ВЕЗ (5х1 км)” (*Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. 2001*).

1.2 Геологічна будова:

1.2.1 Структурно-тектонічні особливості

Територія району знаходиться в тектонічно складній зоні переходу від Українського Кристалічного масиву (УКМ) – на заході, до Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) – на сході, що викликає двоярусну будову.

Нижній ярус представляють складно дислоковані та глибоко метаморфізовані неоархей-палеопротерозойські утворення кристалічного фундаменту. Верхній ярус складений осадовими відкладами мезокайнозойського чохла.

На межі палеозою та мезозою відбувалося формування північно-східного схилу щита, на якому розташований місто Київ. У середньопермському періоді розпочалася деформація цієї частини Українського кристалічного масиву, і територія району стала областю активного осадконакопичення. Найбільш інтенсивні рухи мас відбувались в Дніпровській тектонічній зоні. На решті території на геолого-геофізичних профілях фіксуються локалізовані горизонтальні та вертикальні рухи з незначними амплітудами переміщень (*Гірничий енциклопедичний словник : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004.*).

Численні серії розривних порушень зумовили блокову будову даного району.

Західна частина площі належить до піднятого Макарівського блоку II порядку, а східна частина - до відпущеного Бориспільського блоку II порядку. Первинне утворення розломних структур відбулося пізнім археєм під час інтрузії юрських габроїдів у вулканічно-осадових утвореннях росинсько-тікіцької серії. У цей час також почалося формування розривних пошкоджень у Дніпровській тектонічній зоні, а також паралельних пошкоджень північно-західного простягання. Межа між Бориспільським і Макарівським блоками виявляється у відмінній геологічній будові докембрійських утворень. Частково ця межа співпадає з кордоном поширення відкладів нижньосрібляної світи, а

також фрагментарно простежується на карті ізопотужностей орельської світи. Кристалічний фундамент у цій частині схилу представлений серією вулканогенних порід, які розбиті на окремі блоки мережею розломів північно-західного та субширотного простягання. Найбільш відомими з них є Київський, Ірпінський та Русанівський розломи. Верхня частина кристалічного фундаменту розташована на північному сході, а глибина залягання кристалічних порід становить 325-350 м.

Континентальні відклади пермської та тріасової систем залягають на кристалічних породах докембрію, тоді як морські відклади юрської системи та континентально-морські відклади крейд також присутні. На палеогеновій ділянці широко розширені вклади всіх чотирьох світів: канівської, бучацької, київської та харківської. Товщина палеогенових відкладів залежить від рельєфу підстилаючих порід та інтенсивності ерозійних процесів після періоду палеогену. Взагалі, їх товщина збільшується з півдня на захід, з максимальним значенням близько 92,0 метрів в районі села Пирогово. Абсолютна висота верхньої межі відкладів коливається в межах 108-125 метрів. Найдавніші палеогенові відклади, які належать до канівської світи, складаються з чорної піщанистої глини та дрібнозернистих глинистих пісків із включеннями галки фосфориту. Бучацька світа складається з дрібнозернистих глинистих пісків. Канівсько-бучацькі відклади знаходяться на висоті від 35 до 80 метрів.

Київська світа має широке розповсюдження. Нижня пачка складається з вапнякових пісків, вище знаходиться пачка мергелів, що має потужність 20-25 метрів. Верхня пачка, відомо як наглинок, складається з безкарбонатних глин і має потужність до 13,0 метрів. Загальна потужність київської світи становить 50 метрів. Харківська світа має обмежене розповсюдження, переважно на вододільних. Вона складається зі слюдистих пісків, товщиною 1,0-28,0 метрів. Неогенові відклади представлені товщею полтавських пісків, смугастими та бурими глинами, які розповсюджені на правому березі Дніпра в межах водного плато та їх шилів. Загальна потужність цих відкладень становить 10-40 метрів.

Четвертинні відклади покривають територію майже всю. Їх характеризує смугастість і мінливість літологічного складу. Четвертинні відклади складаються з різних типів порід плейстоцінного та голоценового віку. На правому березі річки Дніпро переважають різні типи відкладів, зокрема делювіальні, еолово-делювіальні, моренні, озерно-льодовикові та флювіогляціальні відклади. У той же час, на лівому березі домінують болотні, озерно-алювіальні, алювіальні піщано-глинисті відклади заплави та надзаплавних терас річки Дніпро. Максимальна товщина четвертинних відкладів у долині річки Дніпро становить близько 70 метрів.

1.2.2 Стратиграфія

Стратиграфічне розчленування утворень, поширених на території Києва, виконувалось згідно зі Стратиграфічним кодексом України.

В геологічній будові приймають участь породи архей-протерозою з їхніми продуктами вивітрювання та руйнування, мезозойські відклади(тріасова, юрська, крейдова системи), кайнозойські(палеогенова та неогенова системи) та відклади четвертинної системи. Геологічна будова наведена за результатами геологічного до вивчення масштабу 1:200 000 території аркуша М-36-ХІІІ (Київ).

Архей-протерозой (AR+PR)

На території робіт товща мезозойських і кайнозойських відкладів підстиляється кристалічними утвореннями Росинсько-тікицької серії (AR_{3rt}). Її породи є найдавнішими на території аркуша і розбурені численними свердловинами, за площею данні тіла зустрічаються рідко. Зустрічаються слабо виражені (розміром до 1-2 м) лінзовидні ксеноліти і мілкі рестити серед гранітоїдів Звенигородського і Уманського комплексів. Розміри цих утворень невеликі, що затрудняє їх картографування в цьому масштабі. Петрографічний склад серії достатньо однорідний. Зустрічаються плагіогнейси амфібол-біотитові та біотитові, а також у невеликій кількості кристалічні сланці та амфіболіти.

Мезозой(MZ)

Тріасова система (T)

На території дослідження велика кількість глинисто-піщаних порід, безпосередньо лежачих на кристалічному фундаменті, відноситься до трасової системи. Відповідно до зазначеної схеми, виділяються відкладення нижньодронової (пересазької), верхнедренової (коренівської) і нижньосеребрянської (радченківської) підсвіти нижнього тріасу. Сучасні межі поширення цих стратиграфічних підрозділів мають загальну північно-західну - південно-східну орієнтацію та контролюються Дніпровською зоною розлому. Конфігурація цих меж, їх вивілистий і місцями складний характер свідчать про те, що вони сформувалися під вагомим впливом ерозійно-тектонічних факторів.

Нижній відділ (T_1)

Індський ярус (T_{1in})

Дронівська світа (T_{1dr})

Охоплює переважно нижню частину товщі. Поширена у північно-східній частині аркуша. Глибина занурення відкладень світи, в межах досліджуваної площі змінюється від 120 метрів на південь до 502,4 метрів, на північному сході. У нижньотріасових відкладах нижньої та верхньої межі світи встановлюються досить чітко, хоча на території області відсутні розірвані шари нижньосеребрянської підсвіти. Дронівська світа поділяється на дві підсвіти - нижню і верхню. Межа між цими підсвітами не є однозначною і відрізняється на різних ділянках досліджуваної території.

Нижня підсвіта (T_{1dr_1})

Породи нижньої підсвіти прямо прилягають до поверхні фундаменту та без помітного стратиграфічного взаємозв'язку, перекриваються осадами верхньої підсвіти, а в місцях з наявними дефектами - незгідними середньоюрськими утвореннями. У складі нижньої підсвіти містяться піски алевроліти, глини та пісковики .

Верхня підсвіта (T_{1dr_2})

Піщано-глинисті осади залягають на породах нижньої підсвіти та трансгресивно перекривають їх. У тих місцях, де радченська підсвітка відсутня, спостерігаються континентальні утворення середньої юри. У деяких низах підсвіти можна помітити шари пісковиків. Розріз світи в основному складається з однорідних, світлозабарвлених порід. Потужність вказаних порід закономірно збільшується в напрямку північногосходу.

Юрська система (J)

Відклади юрської системи поширюються скрізь на території району. Залягають із стратиграфічним неузгодженням на породах тріасу та кристалічного фундаменту, перекриваються відкладами крейдової системи. За розрізом серед юрських відкладів виділяються відклади середнього та верхнього відділу.

Середній відділ (J₂)

Байоський ярус (J_{2b})

Орельська світа (J_{2or})

Середній відділ на досліджуваній території представлений породами з байоського, батського та келовейського ярусів. В рамках аркуша виділяються відклади орельської, підлужної, ніжинської, ічнянської світи та нижньоіванської підсвіти. Остання входить до відповідної світи, яка також включає відклади верхнього відділу юрської системи.

Відклади орельської світи розташовані на розмитих поверхнях фундаменту, корі вивітрювання та осадків тріасу. В основі світи наявні базальні крупнозерності й гравійні піски. Загалом, їх небагато, нижня межа світи встановлюється за наявністю вуглистих решток у розрізі. Це стосується розрізів, де відклади орельської світи налягають на піщані утворення нижнього тріасу. Відклади орельської світи незгідно перекриваються глинами підлужної та ніжинської світи. Зазвичай, верхня межа є різкою й однозначною, за винятком розрізів, де у покріві світу спостерігаються глинисті проверстки.

Байоський – батський яруси (J_{2b}- J_{2bt})

Підлужна світа (J₂pd)

В будові цієї світи, беруть участь відклади, які за віком відповідні до верхів байського та низів батського ярусів. Вони є частинами єдиної глинистої товщі, розповсюдженої по всій території району робіт.

Підлужну світу складає одноманітна товща алеврити стих глин, що вміщує одиничні прошарки сидеритів. Потужність порід загалом витримана по площі, і становить 8-15 м. колір порід від темно-сірих до чорних, загалом однорідні.

Батський ярус (J₂bt)

Ніжинська світа (J₂nž)

На утвореннях фундаменту та орельської світи лежать породи Ніжинської світи з розмивом, без помітних переривань, і прилягають до глин підлужної світи. На території аркушу, ці породи перекриваються осадами ічнянської світи, а в окремих випадках - породами нижньоіванської підсвіти. Породи ніжинської світи характеризуються стабільною товщиною, яка становить 40-44 м у більшій частині їх розширення і трохи збільшується на північному сході до 47-52 м. Світа представлена однорідною товщею тонкорозслоєних глин з включенням сидеритів. Глини світло-сірого, темно-сірого кольору із зеленуватим і голубуватим відтінками, слюдисті, щільні та безкарбонатні. Характерною ознакою є ритмічна тонкорозслоєна будова.

Келовейський ярус (J₂k)

Ічнянська світа (J₂ič)

Ічнянську світу складають алеврити та глини, різною мірою вапнисті. Утворення світи залягають на глині ніжинської світи та без видимого перериву перекриваються алевритами нижньоіванської підсвіти середньої юри. У місцях відсутності останньої, перекриття відбувається пісками нижньої і верхньої крейди та палеогену. Верхній контакт світи з верхньоіваніцькою підсвітою виявляється нечітко через подібність у літологічному складі цих стратиграфічних підрозділів. Межа між ними традиційно встановлюються на основі палеонтологічних даних.

Крейдова система (K)

Верхній відділ (K₂)

Туронський ярус (K_{2t})

Представлений товщею білої та світло-сірої крейди з світло сірим мергелем з уламками молюсків, зубів риб та форамініфер. Потужність туринського ярусу близько 25 м.

Кайнозой(KZ)

Палеогенова система (P)

Палеогенові відклади на території аркуша представлені морськими утвореннями, які варіюються від прибережних до досить глибоководних типів. Вони поширені майже на всій території аркуша. Найбільш повними є відклади, які розвинені на правому березі річки Дніпро. Тут у складі палеогенових відкладів представлені канівська серія нижньої еоцену, буцацька серія і київська світа середнього еоцену, обухівська світа верхнього еоцену, межигірська світа нижнього олігоцену і берецька світа верхнього олігоцену. На лівому березі Дніпра в долині розмиваються річки палеогенові відклади, такі як берецька, межигірська, обухівська та київська світи. Вони залягають трансгресивно на розмитій поверхні крейди, юри або докембрію. Ці відклади перекриваються піками новопетрівської світи або четвертинними відкладами.

Нижній еоцен (P₂)

Канівський регіоярус

Канівська серія (P_{2kn})

Відклади даної серії представлені прибережно-морськими та піщано-глинистими утвореннями потужністю до 30 м .

Канівська серія палеогенових вкладів складена переважно пісками. У нижній частині серії піски мають темно-сірий або бурувато-сірий колір, іноді наближаються до чорного. Вони характеризуються дрібним і тонкозернистим зерновим складом, що може включати алеврит, слюду і глауконіт, а також

великі зерна кварцу, галку кременю та включення фосфоритів. В основі пісків можуть бути присутні проверстки чорних вуглистих глин.

Середній еоцен

Бучацький регіонарус

Бучацька серія ($P_2b\check{c}$)

Відклади представлені товщею мілководних прибрежних зелено-сірих глауконіт-кварцевих пісків з прошарками піщаної глини та конкреціями фосфоритів. Бучацька серія відкладів перекривається відкладами київської світи, а в долинах і лівобережних терасах зустрічаються четверті відклади. Часто між канівськими пісками існує шар з гравелевої піски і фосфоритової галки. Вище розташовуються зеленувато-сірі дрібнозернисті алевритові піски з домішками глини. Верхній шар складається з різнозернистих сірих і зеленувато-сірих пісків.

Київський регіонарус; Київська світа P_2kv

Відклади київської світи представлені глинаме зеленувато-сірого кольору. Зверху, глини перекриваються наглинком, піщаним суглинком зеленувато-сірого кольору. Знизу піски з фосфоритами.

Харківська світа(P_3hr)

Представлена трансгресивно залягаючими пісками, зелено-сірими, глауконітовими, дрібнозернистими з лінзами суглинків та глин.

Полтавська серія; Берекська світа P_3br

Представлена товщею зелено-сірих глауконітово-кварцових пісків та алевритів з прошарками глин, з включеннями органічних решток.

Неогенова система (N)

Відклади неогену широко поширені на досліджуваного регіону і складаються з нижнього до середнього міоцену (новопетрівська світа), верхнього міоцену до нижнього пліоцену (товща строкатих глин) і пліоценової товщі червоно-бурих глин. Ці відклади можна знайти лише на території Придніпровської височини.

1.3. Гідрогеологічні умови

Київська область розташовується в межах двох гідрогеологічних басейнів, Українського басейну тріщинуватих вод та південно-західного крила Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Річкова мережа області загалом відноситься до басейну Дніпра і лише частина річок розташованих на півдні області до відносяться басейну р. Південний Буг.

Гідрогеологічної області Українського щита, та Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну.

Гідрогеологічна область Українського щита. У розрізі тут виділяють два структурні поверхи. Нижній, який сформовано архейськопротерозойськими магматичними і метаморфічними породами, та верхній - складений мезокайнозойськими осадовими відкладами. До водоносних порід нижнього поверху відносяться - кристалічні породи – граніти, гнейси та мігматити. Їх геофітральні властивості визначаються досить нерівномірною ендо- та екзогенною тріщинуватістю що відслідковується як за площею, так і за глибиною шару. Що саме і спричиняє нерівномірне насичення водою. Різні області інтенсивної тріщинуватості кристалічних порід зазвичай мають потужність, яка не перевищує 20 м, а на вододілах та в долинах річок - 50 м. Найвищий рівень насиченості водою спостерігається у нижніх частинах сучасного рельєфу, а саме - гідрографічній мережі.

Водоносні горизонти в осадових відкладах верхнього структурного поверху характеризуються невитриманими розповсюдженням та потужністю, найчастіше вони приурочені до вододільних ділянок, а інколи до палеодолин фундаменту, загалом розмиті в долинах річок. Відклади, які виявляються в розрізі, мають низьку проникність і не мають стійкої структури, що впливає на взаємозв'язок між водоносними горизонтами.

Верхній тектонічний водоносний горизонт приурочений до четвертинних відкладень і мезозойських порід. Четвертинні водоносні горизонти тут пов'язуються з відкладеннями різного походження (болота, озерні болота,

водяні льодовики та ін.), водоносними породами - пісками, супісками, суглинками, товщами торфу. Для забезпечення господарсько-питних потреб використовуються лише водоносні горизонти алювіальних і водно-льодовикових відкладів.

Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн, відноситься до класичних артезіанських басейнів, приурочений до Дніпровсько-Донецької западини. Характеризується широким регіональним стійким розподілом водоносних горизонтів і водотривких відкладень, приурочених до різновікових товщ, що визначає складність освоєння водоносних горизонтів. Підземні води знаходяться здебільшого в поровому колекторі і характеризуються рівномірними фільтруючими властивостями.

Зона активного водообміну досягає відміток 800-1 000 м. Соляна тектоніка чинить значний вплив на формування якісного складу підземних вод, що в свою чергу призводить до того, що в деяких місцях глибина прісних підземних вод не перевищує перші десятки метрів.

Ресурси підземних питних вод у Дніпровсько-Донецькому артезіанському басейні переважно утворюються в складі відкладів олігоцену, четвертинних, еоцену, туронсько-сенонського, сеномансько-нижньокрейдового, юрського та тріасового комплексів. Усі водоносні горизонти басейну в різній мірі беруть участь у забезпеченні централізованого водопостачання населених пунктів та промислових підприємств питною водою.

В гідрогеологічній провінції Українського щита, гідрогеологічні умови накопичення і циркуляції підземних вод у басейні не сприяють утворенню значних обсягів водних ресурсів, а обводнення водоносних порід є нерівномірним як по площі, так і по глибині (*Стратегічна екологічна оцінка схеми планування території Київської області Том 1 2020*).

Підземні води містяться як в зонах розломів докембрійських кристалічних порід, так і в осадових відкладеннях, що заповнюють западини в кристалічній основі. Зона активного водообміну підземних вод становить 100-

150 метрів, скелясті породи розвиваються повсюдно, але для них характерна різна тріщинуватість, що призводить до нерівномірного обводнення. Водоутримувальна здатність осадових відкладів, які переважно формуються на водозбірних площах, має регіональні особливості. Ці породи характеризуються неглибоким заляганням і часто призводять до погіршення якості підземних вод. Основними причинами забруднення підземних вод басейну були стічні води промислових підприємств, скидання забруднених стічних вод глибоко в горизонт, розробка родовищ корисних копалин, інтенсивне використання підземних вод в рамках промислової та міської забудови. Основні осередки забруднення та водозабори з ознаками забруднення підземних вод по області у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну

Для забезпечення водопостачання населених пунктів використовуються як поверхневі водойми, так і підземні свердловини. Одними з основних джерел поверхневого водозабору є річки Рось і Десна. За даними Київської обласної адміністрації, щорічно з цих річок забирається близько 650 млн. м³ води. Процес очищення води включає застосування класичної технології, яка включає кроки коагуляції, окиснення, механічного очищення та знезараження.

Згідно з геологією Києва та Київської області, існують різні підземні водоносні горизонти. Верховодка є першим горизонтом, в якому розташована вода без напору. До цього горизонту відносяться Полтавський і Бучакський водоносні горизонти. Також виділяються артезіанські води з напором, які представлені Сеноманським водоносним горизонтом та водами Юрського періоду.

Рух підземних вод відбувається через фільтрацію води через породисті шари, що складають геологічний розріз даної місцевості. В природних умовах можна виділити два типи руху - ламінарний і турбулентний. Ламінарний рух характеризується рівномірним рухом води з однаковою швидкістю та паралельними потоками.

Верховодка означає, що вода залягає на невеликій глибині від поверхні землі, зазвичай від 5 до 20 метрів. Води верховодки є нестійкими, їх поповнення відбувається за рахунок опадів. При підвищеній температурі вода має властивість перетікати до глибшого водоносного горизонту, розташованого нижче. Полтавський водоносний горизонт - залягає на глибині від 30 до 50 м. від поверхні землі на водотривкій глині. В основному розташований у правобережній частині Києва і Київської області. Утворився даний водоносний горизонт в неогеновому віці, тобто від 5-ти до 23-х мільйонів років тому.

Буцацький горизонт розташовується на глибині 60-80 метрів, а Сеноманський горизонт - на глибині 100-120 метрів. Вода з Буцацького горизонту має високі концентрації марганцю і заліза, тоді як вода з Сеноманського горизонту містить значні кількості сірководню.

Щорічно з підземних джерел використовується 55 млн.м³ води. Для видалення заліза застосовується фільтрація з використанням каталітичного матеріалу.

Основні підземні водоносні горизонти мінеральних вод Київської області пов'язані з тріщинуватими кристалічними породами докембрію, особливо гранітами, а також з тріасовими та палеогеновими відкладами, такими як різнозерністі піски.

На території Київської області розвідані та враховуються балансові експлуатаційні запаси підземних мінеральних вод згідно з документами Державного комітету з запасів СРСР, Українського територіального комітету з запасів та Державного комітету з запасів України. Родовища включають 6 ділянок підземних мінеральних вод, з яких 1 ділянка була розроблена, а 5 ділянок - ще не розроблялись. Загальні балансові експлуатаційні запаси розвіданих родовищ становлять 2637,0 м³/добу для категорій А+В+С1.

Мінеральні води, які розробляються, відносяться до типу радонових, маломінералізованих без специфічних компонентів та властивостей, а також природно-столових вод. Балансові експлуатаційні запаси мінеральних

лікувальних вод становлять 2292,0 м³/добу для категорій А+В+С1, а природно-столових вод - 345,0 м³/добу для категорій А+В+С1.

1.4 Інженерно-геологічні умови

“Основні зсувні процеси в Києві обумовлені геологічними, геоморфологічними, гідрогеологічними, ландшафтно-кліматичними факторами та техногенним впливом людини” (Dyuniak, O.V., Koshliakova, T., 2021).

В Києві доволі складні інженерно-геологічні умови, до того ж ще й ускладнені господарською діяльністю людини, чимало об'єктів, зокрема пам'яток архітектури зазнають руйнувань, оскільки схильні до різного роду деформацій. Причинами таких явищ стають як екзогенні, так і ендегенні процеси.

Тектонічні порушення та явища можуть бути віднесені до ендегенних процесів, тоді як процеси ерозії, обвалення та інші подібні явища відносяться до екзогенних процесів. Тому перед початком будівництва необхідно провести інженерно-геологічні дослідження земельної ділянки, які допоможуть передбачити всі потенційні негативні фактори, що можуть вплинути на будівництво.

У межах міста існує складна інженерно-геологічна ситуація через складну геологічну будову, наявність розломів та високий рівень сейсмічної активності. На правому березі Дніпра спостерігаються негативні зсувні процеси та порожнечі, які спричиняються значними кількостями опадів. У таких ґрунтах часто відбуваються зміщення гірських масивів та обвали. Пухка та тріщинувата текстура порід також сприяють виникненню цих явищ. Ці породи добре фільтрують як ґрунтові води, так і потоки води після аварій на водопроводах та каналізаційних системах.

На дослідній ділянці поширена площинна ерозія, яка є наслідком змиву ґрунтів під впливом схилових потоків. Це явище, поділяється на дощову та снігову ерозію. Перший етап дощової площинної ерозії, виникає при руйнуванні структури ґрунту під впливом падаючих дощових крапель. Якщо ґрунт не в змозі швидко всмоктувати воду, то виникають схилові потоки, які переміщують частки ґрунту та ґрунтові агрегати на великі відстані вниз по схилу. Це

призводить до руйнування структури та зменшення міцності ґрунту, втрати гумусу та поживних речовин. У результаті площинної ерозії агрономічні властивості ґрунту погіршуються, а їхня родючість зменшується.

Площина ерозії розвивається під впливом кількох факторів, включаючи значну крутизну і довжину схилів, нестабільну ґрунтову структуру, особливості клімату та відсутність розвиненого рослинного покриву. Для детального розрахунку інтенсивності та площі поширення площинної ерозії розроблені спеціальні формули та моделі. З метою запобігання розвитку площинної ерозії необхідно уникати вирощування просапних культур на крутих і довгих схилах. Крім того, застосовуються різні агротехнічні, гідротехнічні та меліоративні заходи, такі як оранка вздовж схилу, террасування схилів, встановлення спеціальних пристроїв для утримання снігу, мульчування та ін.

Також варто звернути увагу на наявність зсувних явищ. Зсуви виникають тоді, коли порушується природна рівновага залягання верств гірських порід, що призводить до розриву їх структури та переміщення горизонтально або практично горизонтально. Ці явища активно спостерігаються на схилах, що складаються з водонепроникних і водопроникних порід, які чередуються між собою. Зсуви можуть виникати в наслідок перезволоження ґрунту або внаслідок людської діяльності, такої як гірничі або будівельні роботи. Найпоширенішими причинами зсувів є:

- 1)Збільшення крутизни схилу через підмивання водою;
- 2)Ослаблення міцності породи в результаті вивітрювання або насичення опадами і підземними водами;
- 3)Вплив сейсмічних поштовхів; 4)Будівельна та господарська діяльність.

На території даного району поширеним інженерно-геологічним явищем є підтоплення. Це сучасний геологічний екзогенний процес, варто віднести до найбільш небезпечних для життєдіяльності людини. Підтоплення має широкий просторовий розподіл і пов'язане з такими небезпечними явищами, як зсуви,

карст, просідання та осідання земної поверхні, зміна сольового стану, загальної та сейсмічної стійкості ґрунтів у зоні аерації.

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ СХИЛУ

2.1 Інженерно-геологічні умови ділянки робіт

Досліджувана нами ділянка вишукувань по вулиці Адмірала Ушакова 22-26, за складністю інженерно-геологічних умов відноситься до III категорії (складної), згідно ДБН А.2.1-1:2008 .

В геоморфологічному відношенні місце робіт знаходиться в межах лесового акумулятивно-денудаційного типу рельєфу.

Геологічний розріз до розвіданої глибини 31,0 м складений: Голоценовими делювіальними: супісками пілуватим, твердими (ІГЕ-2а) та пластичними (ІГЕ-2б), з прошарками суглинку 20-30%, потужністю 2,0 м та 3,6-3,8 м відповідно; суглинками легкими пілуватими, тугопластичними, з прошарками м'якопластичного 15-20%, з прошарками піску 20-30% (ІГЕ-3), потужністю 1,4-3,3 м;

Голоценовими еолово-делювіальними: супісками пілуватими, твердими, лесовидними (ІГЕ-4) потужністю 12,9 м;

Середньоплейстоценовими флювіогляціальними: суглинками легкими піщанистими, напівтвердими (ІГЕ-7), потужністю 5,4 м;

Верхньопалеогеновими відкладами харківської світи: пісками мілкими, середньої щільності, від малого ступеня водонасичення до насичених водою (ІГЕ-8), потужністю 5,0 м; супісками пілуватими, пластичними (ІГЕ-9), потужністю 4,5 м;

Середньопалеогеновими відкладами київської світи: глинами легкими пілуватими "наглинками", напівтвердими, з тонкими прошарками тугопластичної 10-20%(ІГЕ-10), розкритою потужністю 1,2-2,1 м; глинами легкими пілуватими "київський мергель", напівтвердими, з тонкими прошарками тугопластичної 10-20%(ІГЕ-10), розкритою потужністю 5,0 м;

За геолого-генетичними ознаками та фізико-механічними властивостями було виділено 9 інженерно-геологічних елементів, дані про які, наведені в

Таблиці 2.1 нормативних та розрахункових фізико-механічних характеристик ґрунтів.

Ґрунтові води на період вишукувань (квітень 2020 року) свердловинами зустрінуті на глибині 1,0-23,5 м, з абсолютними відмітками 115,24-122,24 м.

Ступінь агресивного впливу неорганічного негативного середовища на бетон марок W4, W6, W8, W10-W12 лише його стійкість до проникнення води в будівлях, розташованих на підставі високого коефіцієнта фільтрації (понад 0,1 м на добу), відкритих водах та для напірних споруд. відповідно до (ДСТУ Б.В.2.6-145:2010) є неагресивним.

Ступінь агресивного впливу рідких сульфатних середовищ, що утворюють бікарбонати, на портландцемент містять вміст сульфатів у мг/дм³, перерахованих на іони SO₄²⁻, згідно з (ДСТУ Б В.2.7-46:2010). В цьому випадку такий вплив є неагресивним.

Цемент з клінкеру, що містить не більше 65% C₃S, не більше 7% C₃A, не більше 22% C₃A+C₄AF, а також шлакопортландцемент і сульфатостійкі цементи отримали (ДСТУ Б В.2.7-85-99).

Ступінь агресивного впливу рідких неорганічних середовищ на арматуру залізобетонних конструкцій із вмістом хлоридів відбувається як неагресивний при постійному зануренні та слабоагресивний при тривалому змочуванні, згідно з (ДСТУ Б.В.2.6-145:2010).

Ділянка вишукувань в районі свердловини Св-3 відноситься до невідтоплюваної, ділянка в районі Св-2 до умовно потенційно невідтоплюваної, ділянка в районі Св-1 відноситься до відтоплюваної.

Для попереднього розділення ґрунтової товщі ділянки вишукувань на інженерно-геологічні елементи визначались показники фізичних та водно-фізичних властивостей (класифікаційні), а саме:

Вологість, межі текучості та розкочування, гранулометричний склад.

Оцінка фізико-механічних властивостей ґрунтів проведена на основі інтерпретації, з-поставлення, взаємної ув'язки результатів буріння, з

урахуванням матеріалів вишукувань в аналогічних інженерно-геологічних умовах. Товща ґрунтів була розкрита бурінням та випробувана до глибини 21,0 м.(генетичні ознаки, фізико-механічні властивості), відповідно ДСТУ Б В.2.1-5-96. Розділяється на інженерно-геологічні елементи, опис яких наведений зверху – донизу:

ІГЕ-2а (d Н) – Супісок пилуватий, з прошарками піщанистого 20-30%, жовто-сірий, твердий, з прошарками піску 10-15%

ІГЕ-2б (d Н) – Супісок пилуватий, з прошарками піщанистого 20-30%, темно-сірий, пластичний;

ІГЕ-3 (d Н) – Суглинок легкий пилуватий, з прошарками піщанистого 20-30%, жовто-сірий, темно-сірий, тугопластичний, з прошарками м'якопластичного 15-20%, з прошарками піску 20-30%;

ІГЕ-4 (dv PII-H) – Супісок пилуватий, палево-жовтий, твердий, лесовидний;

ІГЕ-7 (f PII dn) – Суглинок легкий піщанистий, коричневий, темно-сірий напівтвердий;

ІГЕ-8 (P3 hr) – Пісок мілкий, світло-сірий, сіро-зелений, середньої щільності, від малого ступеня водонасичення до насиченого водою, з тонкими прошарками супіску 10-15%;

ІГЕ-9 (P3 hr) – Супісок пилуватий, світло-сірий, сіро-зелений, пластичний, з тонкими прошарками піску 10-20%, з тонкими прошарками суглинку 10-20%;

ІГЕ-10 (P2 kv2) – Глина легка пилувата "наглинок", блакитно-сіра, напівтверда, з тонкими прошарками тугопластичної 10-20%;

ІГЕ-11 (P2 kv1) – Глина легка пилувата "київський мергель", світло-сіра, голубо-сіра, напівтверда, з тонкими прошарками тугопластичної 10-20%;

Таблиця 2.1

Нормативні та розрахункові фізико-механічні характеристики ґрунтів

№ ПЕ	Найменування ґрунту	Стан ґрунту	Геологічний індекс	Вологість, W , д.о.	Вологість на межі текучості, W_L , д.о.	Вологість на межі розкочування, W_p , д.о.	Число пластичності, I_p , д.о.	Показник текучості, I_L , д.о.	Щільність часток ґрунту, ρ_s , г/см ³	Щільність ґрунту, ρ , г/см ³	Щільність сухого ґрунту, ρ_d , г/см ³	Коефіцієнт пористості, e , д.о.	Коефіцієнт водо-насичення, S_r , д.о.	Щільність ґрунту, г/см ³		Кут внутрішнього тертя, град.		Питоме зчеплення, кПа		Модуль деформації: природний, E , МПа	Умовний розрахунковий опір, R_0 , кПа	Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями
														ρ_{II}	ρ_I	φ_{II}	φ_I	c_{II}	c_I			
2	2а	твердий	d H	0,145	0,23	0,19	0,04	-1,13	2,67	1,79	1,56	0,712	0,54	1,79	1,75	25	22	14	9	14,0	245	II
		пластичний		0,205				0,38	2,67	1,88	1,56	0,712	0,77	1,88	1,84	20	17	12	7	9,0	225	II
		sat при водонасиченні		0,249				1,48	2,67	1,95	1,56	0,712	0,93	1,95	1,91	17	15	10	7	8,0	190	III
3	Суцільнок легкий піщуватий, з прошарками піщанистого 20-30%, тугопластичний, з прошарками м'якопластичного	природний	vd H	0,231	0,28	0,19	0,09	0,46	2,68	1,90	1,54	0,740	0,84	1,90	1,86	16	14	21	14	14,2	210	II
		sat при водонасиченні		0,269				0,88	2,68	1,95	1,54	0,740	0,97	1,95	1,91	12	10	15	10	8,0	175	III
4	Суцільнок піщуватий, лесовидний	твердий	vd H	0,127	0,24	0,18	0,06	-0,88	2,67	1,65	1,46	0,829	0,41	1,65	1,62	24	21	22	15	17,8	300	III
		sat при водонасиченні		0,256				1,27	2,67	1,93	1,54	0,734	0,93	1,93	1,89	16	14	7	5	6,0	170	
7	Суцільнок легкий піщанистий, напівтвердий	природний	r PII dn	0,172	0,24	0,15	0,09	0,24	2,69	1,91	1,63	0,650	0,71	1,91	1,87	22	19	28	19	25,4	245	II
		sat при водонасиченні		0,248				1,09	2,69	2,03	1,63	0,650	1,03	2,03	1,99	14	12	18	12	16,0	195	III
8	Пісок мілий, середньої щільності, від малого ступеня водонасичення до насиченого водою	малого ступеня водонасич.	P3 hr	0,046	-	-	-	-	2,65	1,65	1,58	0,677	0,18	1,65	1,62	31	28	1	0	27,0	300	II
		sat при водонасиченні		0,236				-	2,65	1,95	1,58	0,677	0,92	1,95	1,91	30	27	0	0	26,0	200	III
9	Суцільнок піщуватий, пластичний	природний	P3 hr	0,227	0,26	0,21	0,05	0,34	2,68	1,86	1,52	0,763	0,80	1,86	1,82	27	23	22	15	12,5	-	II
		sat при водонасиченні		0,279				1,38	2,68	1,95	1,52	0,763	0,98	1,95	1,91	17	15	14	9	7,0	-	III
10	Глина легка піщувата "наглинок", напівтверда, з тонкими прошарками тугопластичної 10-20%	природний	P2 kv2	0,261	0,43	0,21	0,22	0,23	2,71	1,91	1,51	0,795	0,89	1,91	1,87	19	17	63	42	16,4	-	II
		sat при водонасиченні		0,297				0,40	2,71	1,96	1,51	0,795	1,01	1,96	1,92	17	15	45	30	11,0	-	II
11	Глина легка піщувата "київський мергель", напівтверда, з тонкими прошарками тугопластичної 10-20%	природний	P2 kv1	0,303	0,49	0,26	0,23	0,19	2,74	1,90	1,46	0,877	0,95	1,90	1,86	16	14	109	73	25,9	-	II
		sat при водонасиченні		0,330				0,30	2,74	1,94	1,46	0,877	1,03	1,94	1,90	13	11	72	48	18,0	-	II

2.2 Методика визначення стійкості схилу

Для оцінки стійкості схилів і укосів виконують розрахунки коефіцієнта стійкості або запасу, а також можуть використовувати дефіцит стійкості.

На величину шуканих величин впливають: 1) неточність при визначенні вихідних параметрів, 2) часткова відповідність прийнятої розрахункової схеми; 3) похибки методів розрахунку.

Саме тому шукані величини коефіцієнта або дефіциту стійкості є наближеними.

Визначення коефіцієнта запасу стійкості схилу або укосу може використовуватися за ефективними методами, включаючи аналітичні підходи та графічні побудови (Диняк О.В. 2020).

Метод аналітичних розрахунків: Цей метод базується на розв'язанні рівня моментів рівноваги та рівня сили рівноваги для визначення коефіцієнта стійкості. Він вимагає математичного моделювання схеми або укосу та використання різних параметрів, таких як кут нахилу, кут тертя, тощо. За допомогою цих параметрів розраховується коефіцієнт коефіцієнта запасу, який відображає ступінь безпеки схилу або укосу.

Методи, що ґрунтуються на побудові профілю схилу граничної рівноваги: вимагають побудови геометричного профілю схилу та оцінювання параметрів, які впливають на стійкість.

Всі методи граничної рівноваги припускають, що масив ґрунту над поверхнею ковзання ділиться на блоки (роздільні площини між блоками завжди вертикальні) (М.М.Костюченко. 2013).

В роботі для визначення коефіцієнту стійкості застосовувався спрощений метод Бішопа який допускає нульові сили ковзання між блоками X_i . Метод заснований на задоволенні рівняння моментів рівноваги та рівняння вертикальної сили рівноваги.

Коефіцієнт стійкості FS обчислений шляхом послідовної ітерації наступного відношення (2.1):

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} \sum_i \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \varphi_i \sin \alpha_i}{FS}} \quad (2.1)$$

Де: u_i - поровий тиск у блоці; c_i , φ_i - ефективні значення параметрів ґрунту;

W_i - вага блоку; α_i - нахил відсіку поверхні ковзання; b_i - ширина блоку.

У спрощеному методі Бішопа, допускаються нульові сили ковзання між блоками, коефіцієнт стійкості SF (Stable Factor) може бути обчислений шляхом комплексної ітерації наступного відхилення:

$$SF = (R - X) / X \quad (2.2)$$

де R - сума всіх горизонтальних сил резисторів, які діють на систему, а X - сума всіх вертикальних сил, що діють на систему.

Дане відношення базується на задоволенні рівняння моментів рівноваги та рівняння вертикальної сили рівноваги. Якщо SF менше одиниці ($SF < 1$), то система залишається стійкою, останні вертикальні сили перебирають горизонтальні сили. Якщо SF більше одиниці ($SF > 1$), то система стає нестійкою, наступні горизонтальні сили перебирають вертикальні сили.

Для розрахунків сейсмчності, розраховується максимальне сейсмічне прискорення атах в коливаннях частинок ґрунту на поверхні землі. Для середніх ґрунтів, при оцінці землетрусів інтенсивністю 7 балів, розрахункове максимальне прискорення приймається рівним $0,1 * g$, де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння ($\approx 100 \text{ см/с}^2$).

На сучасному етапі розвитку обчислювальних комплексів, з'являється можливість застосування комплексного підходу до оцінки сейсмостійкості будівельних об'єктів. Для досягнення обґрунтованості прийнятих проектних рішень, використовується аналіз моделей конструктивної надійності. Проектування протизсувних споруд стає складнішим через необхідність врахування сейсмічних впливів на стійкість зсувних масивів та розробку відповідних протизсувних заходів. "Відповідно до вимог ДБН В.1.1-12:2014"

(Будівництво в сейсмічних районах України) (ДБН В.1.1-12:2014). Сейсмічна дія враховується за допомогою квазістатичної методики, в рамках якої сила сейсмічного впливу визначається як динамічний коефіцієнт сейсмічності, отриманий шляхом множення різних коефіцієнтів, що враховують ґрунтові умови, прискорення ґрунту, допустимість руйнування конструкцій та інших факторів. Основною характеристикою, що визначає рівень сейсмічної небезпеки для споруд, є максимальне сейсмічне прискорення атах, яке вимірюється в коливаннях частинок ґрунту на поверхні землі.

2.3 Розрахунок стійкості схилу

На ранній стадії проектування протизсувних споруд для оперативних наближених розрахунків коефіцієнта стійкості схилу та зсувного тиску потрібно враховувати всі фактори які впливають на стійкість.

Розрахунок коефіцієнта запасу стійкості виконувався за методом круглоциліндричних поверхонь ковзання по спрощеному методу Бішопа.

Даний етап роботи передбачає моделювання досліджуваного схилу, для цього було використано програмного забезпечення GEO5.

Першим етапом моделювання була побудова профілю схилу та визначення коефіцієнту запасу стійкості у природніх умовах. В результаті, при природній вологості ґрунтів схил виявився нестійким по заданій лінії ковзання (коефіцієнт запасу стійкості склав 0,91), що підтверджується результатами інженерно-геологічних вишукувань (рис1).

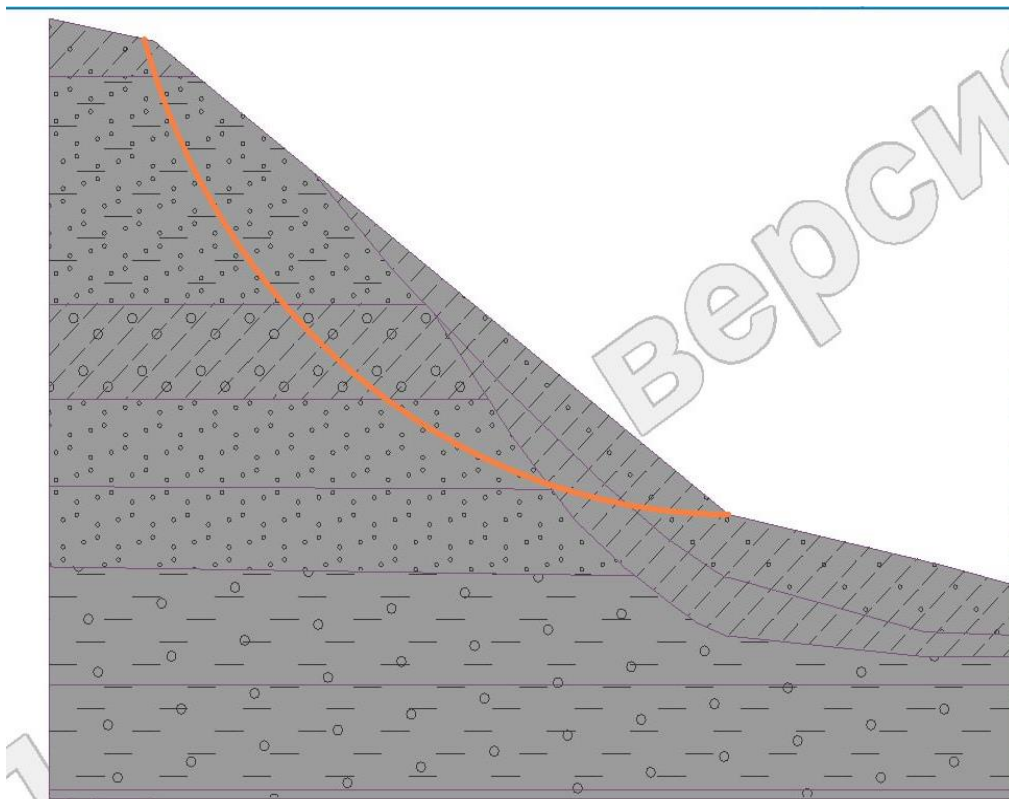


Рис.1. Двовимірна модель схилу при природній вологості.

Перевірка стійкості схилу:(Bishop)

Сума активних сил: $F_a = 21607,62 \text{ кН/м}$

Сума пасивних сил: $F_p=19719,82 \text{ кН/м}$

Зсувний момент: $M_a=8106013,78 \text{ кНм/м}$

Утримуючий момент: $M_p=7397812 \text{ кНм/м}$

Коефіцієнт запасу стійкості: $= 0,91 < 1,25$

Далі виконувалось визначення коефіцієнт стійкості при повному водонасиченні ґрунтів.

Для водонасиченого стану ґрунтів по заданій лінії ковзання коефіцієнт стійкості склав (0,68) .

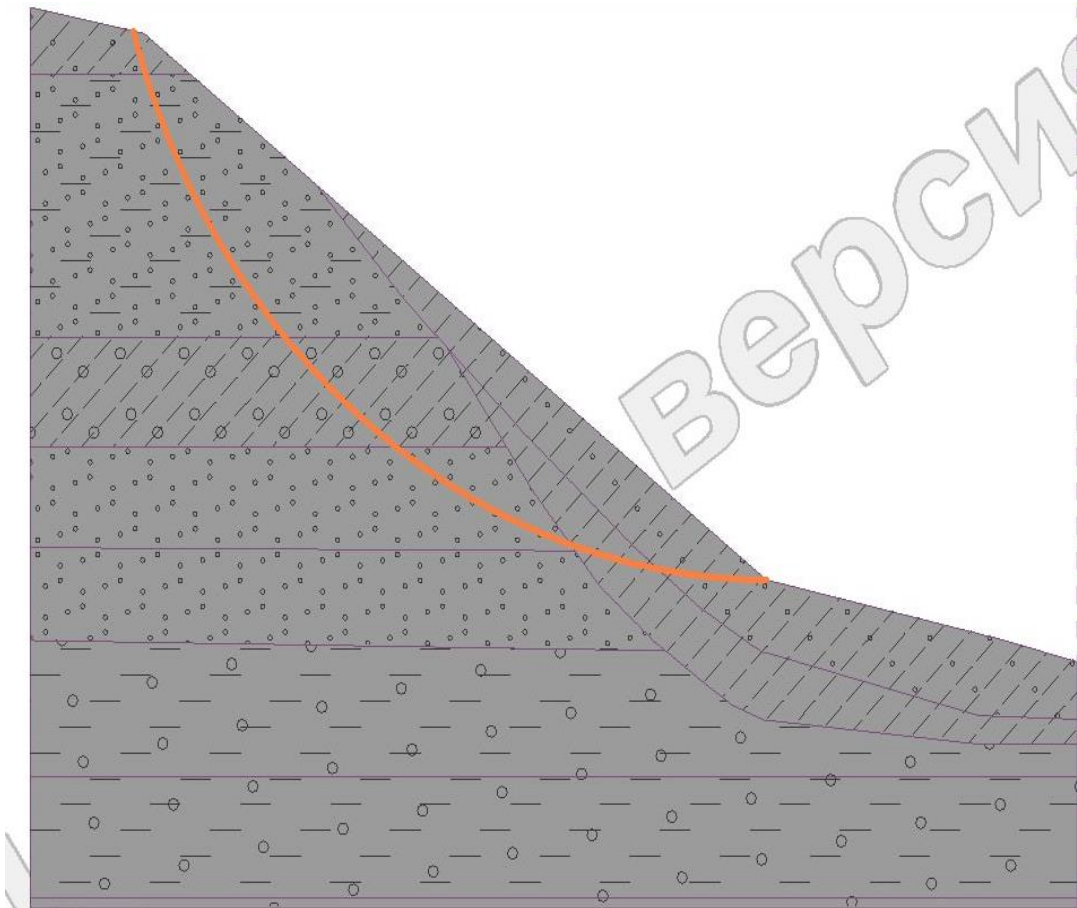


Рис.2 Двовимірна модель схилу при повному водонасиченні

Перевірка стійкості схилу: (Bishop)

Сума активних сил: $F_a=21756,74 \text{ кН/м}$

Сума пасивних сил: $F_p=14893,25 \text{ кН/м}$

Зсувний момент: $M_a=8162040,49 \text{ кНм/м}$

Утримуючий момент: $M_p=5587202,17 \text{ кНм/м}$

Коефіцієнт запасу стійкості: $= 0,68 < 1,25$

Результати розрахунків свідчать про відсутність стійкості схилу в природному і у водонасиченому станах ґрунтів.

Нормативне значення коефіцієнту стійкості схилу в Україні прийняте $k=1,25$.

Тому, наступним кроком у вирішенні завдання, має бути приведення коефіцієнту до нормативного значення.

Однією з рекомендацій, стосовно вирішення проблеми зсувів на даній ділянці є укріплення схилу утримуючими спорудами. Зв'язку з цим, було вирішено провести укріплення схилу певною утримуючою спорудою, а саме, підпірною стінкою.

При облаштуванні підпірної стінки за даними моделювання коефіцієнт запасу стійкості, при природній вологості ґрунтів, склав 1,86, тобто за таких умов схил матиме достатній запас стійкості (рис 3), що задовольняє нормативний коефіцієнт стійкості 1,25.

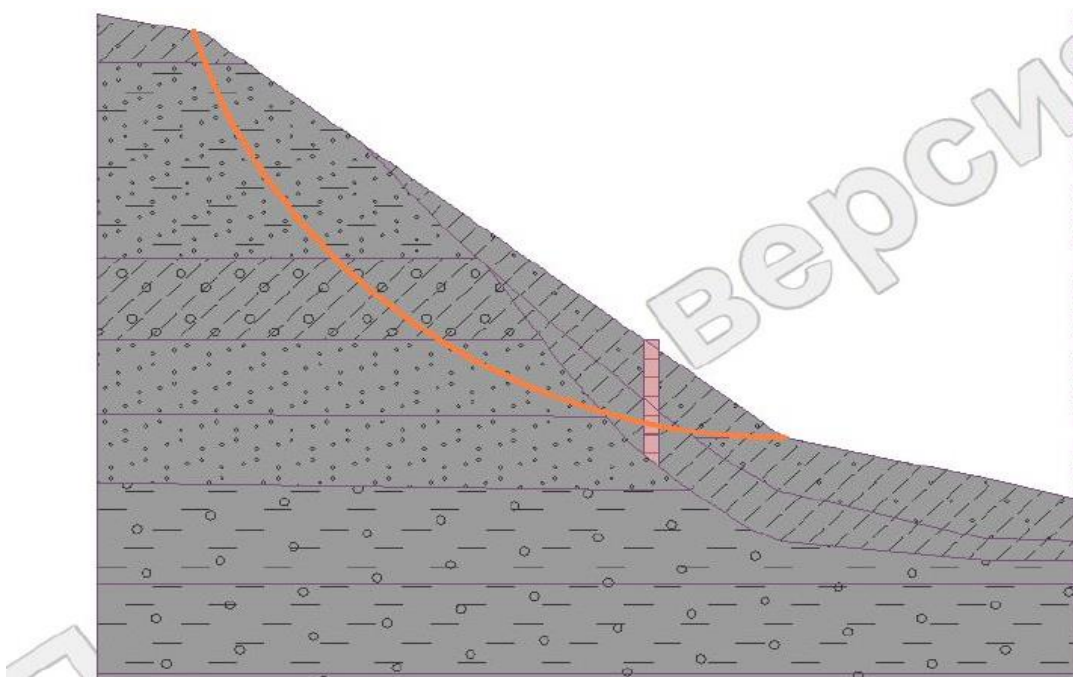


Рис.3 Двовимірний модель схилу зі встановленою підпідною стінкою.

Перевірка стійкості схилу:(Bishop)

Сума активних сил: $F_a=24123,94 \text{ кН/м}$

Сума пасивних сил: $F_p=44768,10 \text{ кН/м}$

Зсувний момент: $M_a=9050094,55 \text{ кНм/м}$

Утримуючий момент: $M_p=16794751,45 \text{ кНм/м}$

Коефіцієнт запасу стійкості: $=1,86 > 1,25$

Коефіцієнт запасу стійкості схилу для водонасиченого стану ґрунтів, з підпідною стінкою склав (1,61) «Рис.4»

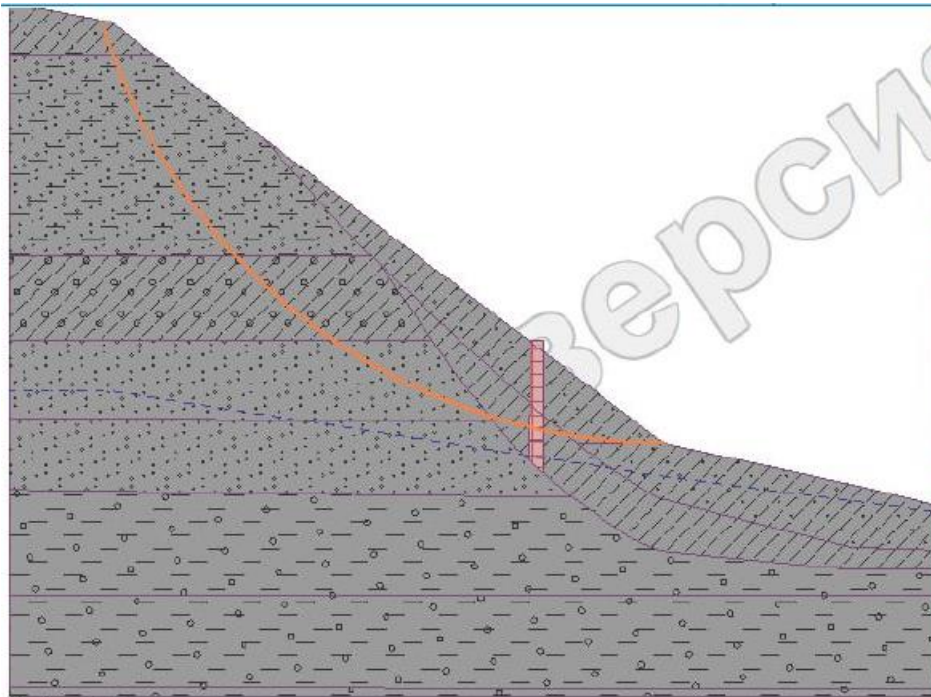


Рис.4 Двовимірний модель схилу зі встановленою підпідною стінкою та рівнем ґрунтових вод.

Перевірка стійкості схилу:(Bishop)

Сума активних сил: $F_a=24123,94 \text{ кН/м}$

Сума пасивних сил: $F_p=38952,61 \text{ кН/м}$

Зсувний момент: $M_a=9050094,55 \text{ кНм/м}$

Утримуючий момент: $M_p=14613071,41 \text{ кНм/м}$

Коефіцієнт запасу стійкості: $=1,61 > 1,25$

Додатковим етапом моделювання, стало додавання сейсмічної активності.

На цьому етапі змодельовано землетрус магнітудою в 7 балів за шкалою Ріхтера і при природній вологості (коефіцієнт запасу стійкості склав 1,78.). Отриманий результат демонструє зниження стійкості схилу при прояві сейсмічної активності.

Отримані результати:

Для природного стану ґрунтів коефіцієнт стійкості-1,86.

Для водонасиченого стану ґрунтів коефіцієнт стійкості-1,61.

Для природного стану ґрунтів при прояві сейсмічності коефіцієнт стійкості - 1,78.

В усіх випадках нормативний коефіцієнт 1,25 задовільняється.

Варто зазначити, що даний схил підлягає дії небезпечних інженерно-геологічних процесів, які потребують постійного моніторингу та управління для забезпечення стійкості та стабільності досліджуваної території.

Висновки

Розрахунки стійкості схилу, прилеглого до ділянки протизсувних робіт навпроти садиб № 22, 24, 26 на вул. Адмірала Ушакова, виконувались за допомогою програмного комплексу GEO5.

Розрахунки проведені на геологічному перерізі по заданій лінії ковзання для двох можливих випадків: для природного стану ґрунтів і водонасиченого. Результатом розрахунків було отримання площини ковзання з кількісним показником стійкості – коефіцієнта стійкості, який визначається як співвідношення утримуючих і зсувних сил на схилі.

Нормативний коефіцієнт стійкості 1,25.

Отримані результати:

Для природного стану ґрунтів коефіцієнт стійкості-0,91.

Для водонасиченого стану ґрунтів коефіцієнт стійкості-0,68.

Результати розрахунків свідчать про відсутність стійкості схилу в природному і у водонасиченому станах ґрунтів.

Після моделювання підпірної стінки коефіцієнт стійкості задовільняє нормативний показник 1,25.

Для природного стану ґрунтів коефіцієнт стійкості-1,86.

Для водонасиченого стану ґрунтів коефіцієнт стійкості-1,61.

На ділянці дослідження спостерігаються негативні інженерно-геологічні процеси, для їх попередження слід дотримуватись наступних рекомендацій:

Для боротьби зі зсувами рекомендується укріплення схилу утримуючими спорудами, виключення можливості водонасичення схилу (неупорядкований відвід атмосферних вод, втрати з водогінних мереж, концентрація вод будь-якого походження тощо).

Для попередження суфозії регулювання поверхневого стоку, перехват підземних вод дренажними спорудами (для відведення підземних вод і попередження вимивання часток).

Список використаних літературних джерел:

1. Dyniak, O.V., Koshliakova, T., Koshliakova, I., Koshliakov, O. Features of forecasting the strength of slopes and shear pressure in conditions of density construction. 3rd EAGE Workshop on Assessment of Landslide Hazards and Impact on Communities, Landslide 2021,
2. Kaliukh, Yu.I., Khavkin, A., & Khavkin, K. (2014). Experimentally-analytical researches of the technical state of reinforce-concrete constructions for defense from landslide's pressure in seismic regions of Ukraine. In Fib Symposium, Tel-Aviv, 2013. (pp. 625-628). Tel-Aviv.
3. Гірничий енциклопедичний словник : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004. — Т. 3. — 752 с. — ISBN 966-7804-78-X.
4. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіобуд України, Укрархбудінформ, 2014.
5. Департамент екології та природних ресурсів київської обласної державної адміністрації регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища київської області у 2021 році.
(<https://ecodep.kyivcity.gov.ua/content/ekologichnyy-pasport.html>)
6. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000 аркуша М-36-XIII (Київ). -К .: Міністерст्वоекології та природних ресурсів України, Північне державне регіональне геологічне підприємство“Північгеологія”, 2001.: іл. - 78 с
7. Диняк О.В. Навчальний посібник з навчальної дисципліни «Інженерно-геологічне моделювання» / О.В Диняк – Інтернет-ресурс Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – geol.univ.kiev.ua - 149с.
8. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Цементи загально будівельного призначення.
9. ДСТУ Б В.2.7-85-99 Цементи сульфатостійкі.
- 10.ДСТУ Б.В.2.6-145:2010. Захист будівельних конструкцій від корозії.
11. Кравчук П. А. Книга рекордів природи. — Луцьк : ПрАТ «Волинська обласна друкарня», 2011. — 336 с. — ISBN 978-966-361-642-

12. Механіка ґрунтів : навчальний посібник/ М.М.Костюченко. – Інтернет-ресурс Київського університету. – geol.univ@kiev.ua – 116 с.
13. Мінрегіон України Державне підприємство Український науково-дослідний і проектний інститут цивільного будівництва «Укридпіщивільбуд" Звіт про стратегічну екологічну оцінку проекту програми соціально-економічного та культурного розвитку київської області на 2021 рік. (http://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/SEO_PROGRAMA_KIYIVSKA_sayt.pdf).
14. Стратегічна екологічна оцінка схеми планування території Київської області Том 1 Звіт про стратегічну екологічну оцінку (розділ "Охорона навколишнього природного середовища") 20026
https://civilbud.com.ua/files/_1.pdf
15. УДК 528.8:(504.064.3:551.4.042)(477–25) Дослідження зсувних процесів на території м. Києва в режимі дистанційного моніторингу, Л. П. Ліщенко*, Н. В. Пазинич, О. М. Терemenko. ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України”, Київ, Україна.