

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Факультет природничих наук та технологій  
(факультет)  
Кафедра гідрогеології та інженерної геології  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
Кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студентки Дубинської Олександри Вячеславівни  
(ПІБ)

Академічної групи 103-18-2  
(шифр)

Спеціальності 103 Науки про Землю  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Геологія»  
(офіційна назва)

на тему Формування водно-солевого режиму зрошуваних територій в  
Дніпропетровській області та прогнозування процесів підтоплення  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Рудаков Д.В.			
розділів:				
Загальний	Рудаков Д.В.			
Спеціальний	Рудаков Д.В.			
Рецензент	Жильцова І.В.			
Нормоконтроль	Загриценко А.М.			

Дніпро  
2022

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
гідрогеології та інженерної геології  
 (повна назва)

\_\_\_\_\_ Рудаков Д.В

(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу  
 ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студентці Дубинській О.В. групи 103-18-2

(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю

за освітньо-професійною програмою «Геологія»

на тему Формування водно-сольового режиму зрошуваних територій в Дніпропетровській області та прогнозування процесів підтоплення затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15.04.22 №203-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Природні умови досліджуваного району, геологічна та гідрогеологічна будова	15.04.22 – 30.04.22
Спеціальний	Аналіз стану зрошувальних систем, особливості водно-сольового режиму внаслідок фільтраційних втрат	01.05.22 – 22.05.22
	Розрахунок параметрів підтоплення під впливом зрошувальних систем біля регулюючих басейнів та магістральних каналів	23.05.22 – 15.06.22

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Рудаков Д.В

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15.04.2022 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 16.06.2022 р.

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента)

Дубинська О.В.

(прізвище, ініціали)



## Реферат

Кваліфікаційна робота: 66 аркушів, 28 рисунків, 10 таблиць, 17 джерел

Об'єкт досліджень – приповерхневі водоносні горизонти в зоні розташування басейнів та каналів зрошувальних систем у Дніпропетровській області.

Предмет дослідження – формування водно-сольового режиму та процесів підтоплення в зоні впливу зрошувальних систем.

Мета даної роботи полягає у дослідженні впливу фільтраційних втрат з елементів систем зрошення на рівневий режим ґрунтових вод.

Метод дослідження: аналіз фондових та літературних джерел, результатів попередніх науково-дослідних робіт, метод водно-сольового балансу, моделювання фільтрації підземних вод під впливом лінійних та площинних джерел аналітичними методами.

У загальній частині кваліфікаційної роботи проаналізовані природні умови, зокрема, геологічна будова та гідрогеологічний режим території, де експлуатуються системи зрошення, насамперед, у Дніпропетровській області.

У спеціальній частині дана характеристика зрошувальних систем та їх елементів, проаналізовано результати обстежень та моніторингу стану цих систем та підземних вод, у тому числі водно-сольового режиму.

Розрахункова частина включає визначення параметрів фільтрації від регулюючих басейнів і магістральних каналів та розрахунки підйому рівня ґрунтових вод для елементів зрошувальних систем на реальних об'єктах.

Перелік ключових слів: СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ, ГРУНТОВІ ВОДИ, ПІДТОПЛЕННЯ, ВОДНО-СОЛЬОВИЙ РЕЖИМ, ГЕОФІЛЬТРАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ

Реферат

Вступ .....5

## 1. ПРИРОДНІ УМОВИ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО РАЙОНУ

1.1. Клімат та орогідрографія .....6

1.2. Геологічна будова .....13

1.3. Гідрогеологічна будова.....19

## 2. ЗРОШУВАЛЬНІ ТЕРИТОРІЇ ТА ЇХ РЕЖИМ

2.1. Аналіз стану зрошувальних систем Дніпропетровської області.....22

2.2. Особливості водно-сольового режиму внаслідок фільтраційних втрат зі зрошувальних систем.....30

## 3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПІДТОПЛЕННЯ ПІД ВПЛИВОМ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

3.1. Вибір схем розрахунку рівня ґрунтових вод.....45

3.2. Розрахункові оцінки рівневого режиму біля регулюючих басейнів та магістральних каналів.....52

Висновок.....60

Список літератури.....62

Додаток А Відзив керівника

Додаток Б Рецензія

Додаток В Результати перевірки на наявність плагіату

КАФЕДРА  
ГІДРОГЕОЛОГІЇ  
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



## Вступ

Зрошення є одним з основних напрямків водоспоживання в сільському господарстві. У районах із малим рівнем опадів, саме штучне зрошення відіграє важливу роль, та її якість, для отримання високих врожаїв. Незадовільна якість води може позначитися на поливних культурах і ґрунтах через засолення. Найважливішою проблемою зрошувального землеробства є боротьба із підтопленням територій, засолення та осолонцювання ґрунтів. На сьогоднішній день значна частина меліоративних систем або не експлуатується, або використовувані системи свого технічного рівня морально застаріли.

Оцінка стану зрошуваних земель дозволяє спроектувати заходи, що сприяють поліпшенню їхнього стану. На умови зрошуваних площ, істотно впливає: геологічно-гідрогеологічна будова району; кліматичні умови; якість води, використовується для зрошення; технічний стан гідромеліоративної системи. Зниження водопроникності порід впливає швидкість підйому рівня ґрунтових вод при зрошенні. Ця особливість лесових ґрунтів спостерігається у Дніпропетровській області де залягання ґрунтових вод до 2м, коли норма понад 5м.

Важливо використовувати зрошувальні системи, для поліпшення гідрогеолого-меліоративного стану зрошуваних земель масиву, та необхідно налагодити ефективну роботу водознижувальних свердловин, привести до технічно-справного стану горизонтальний дренаж, виробляти полив тільки придатною для зрошення водою, на засоленних та осолонцюваних землях.

Мета даної роботи полягає у дослідженні процесів підтоплення на зрошувальних системах та їх прогнозування в майбутньому.

В рамках даної мети належить вирішити наступні задачі: Виконати обробку первинної інформації та скласти комплексну гідрогеологічну та інженерно-геологічну характеристику досліджуваного району. Провести аналіз та систематизувати дані моніторингу стану зрошувальних систем. Виконати прогноз зміни рівня ґрунтових вод поблизу систем зрошення.

## 1. Природні умови району дослідження

### 1.1 Клімат та орогідрографія

В південно-східній частині України розташована Дніпропетровська область (рис. 1.1), в басейні середньої та нижньої течії Дніпра.

Для дослідження процесів формування засолення ґрунтів важливо брати до уваги кліматичні умови, через те, що на нерозподіл солей в ґрунтах крупний вплив створюють такі фактори як температура повітря, вітер, співвідношення осадів та випару та ін. Фільтраційні властивості ґрунтів, ґрунтоутворюючих порід, розчинність солей можуть потужно коливатися в різноманітних кліматичних умовах, через те у розподілі солей на території суші можливо спостерігати певну зональність. Концентрація солей у ґрунтових водах та ґрунтах збільшується по мірі зростання засушливості клімату. Найбільша концентрація солей спостерігається в пустельній зоні, а найменша – в степовій та лісостеповій.

Дніпропетровська область відноситься до зони помірно-континентального клімату, вона виділяється найбільшими тепловими ресурсами і найменшою зволоженістю порівнюючи з іншими природними зонами країни, через те клімат найбільш континентальний з поміж інших екотопів України. Для цього району характерна зміна вологих років посушливими, супроводжувана суховіями. Крім того спостерігається найбільша в Україні відмінність температур між зимою і літом.

Зима легка та малосніжна з частими відлигами (середня температура січня  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) літо довге, сонячне, спекотне, посушливе з частими зливами та сильними південними вітрами (середня температура липня  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Осінь тепла, у другій половині йдуть дощі. Весна настає рано. Непохитний перехід температури через  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  спостерігається в першій декаді квітня, що неподалік до початку вегетаційного періоду. Весняний період відрізняється швидким наростанням температури і поступовим збільшенням опадів, починаючи з



березня. Через різке підвищення температури повітря, волога з ґрунту швидко випаровується. Річна сума опадів зменшується від 450 до 300 мм, що є причиною маловодості річок, особливо літньою порою (рис. 1.2) Максимум опадів у першій половині літа. Сніговий покрив нестійкий, часті відлиги взимку. Сніг лежить тільки в окремі роки 1-2 місяці. Випаровуваність вологи суттєво перевищує чисельність опадів (900—1000 мм на рік), через те зволоження території повсюдно недостатнє. Коли випаровування перевищує чисельність опадів створюються обставини для накопичення солей у ґрунтових водах та ґрунтоутворюючих породах. Тривалість періоду з температурою вище  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  складає 178 днів, а без морозного періоду – 187-228 днів. Висота снігового покриву у середньому складає 10-15 см, а серед несприятливих кліматичних явищ відзначаються відлиги, морози з вітром, сухості та пилові бурі.



Рисунок 1.1 — Кліматична карта Дніпропетровської області

Дніпропетровська область за фізико-географічним районуванням відноситься до степової зони (Рис. 1.3). Так у якісному складі солей для Дніпропетровської області як для території степу та лісостепу при загальному



незначному засоленні ґрунтів і мінералізації ґрунтових вод в складі солей переважають карбонати і бікарбонати натрію, зустрічаються сульфати, що зумовлюють содовий і содово-сульфатний типи засолення ґрунтів. Накопичення соди в цих зонах пов'язано з меншою розчинністю її в порівнянні з сульфатами і хлоридами натрію.



Рисунок 1.2 — Карта фізико-географічного районування України. Район досліджень виділено червоним прямокутником.

Ландшафт у більшості випадків області являє собою розораний степ, для нього характерна трав'яна злакова степова рослинність (рис.1.4) Весною, тоді як в ґрунті утримується достатньо вологи виростають крокуси, горицвіт, тюльпани, півонії, маки. До настання літньої спеки рослини відцвітають і дають насіння, їх наземна частина відмирає. У ґрунті залишаються бульби, цибулини, кореневища, де накопичуються поживні речовини. За допомогою цим речовинам рослини виростуть і розквітнуть наступної весни. Вага кореневої маси більшості степових рослин значно перевищує надземну масу.



Ранньоквітучі рослини змінюються такими, які пристосувалися до спеки й нестачі вологи. У літню пору року в степу активно ростуть полин, типчак, ковила. Одні рослини мають довге коріння, яким з глибини дістають воду, в інших — жорсткі або вузькі опушені листки, через які випаровується небагато води. У середині літа від спеки починають висихати всі рослини.

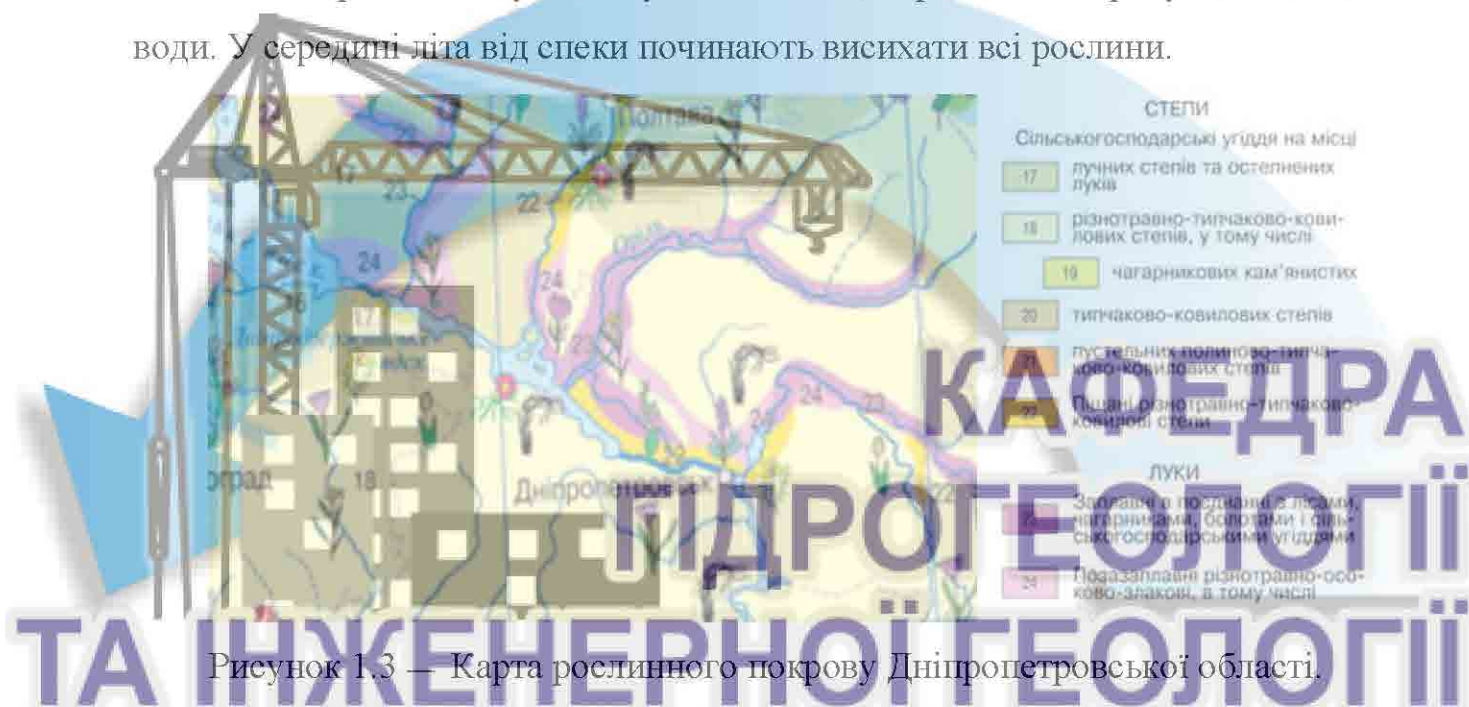


Рисунок 1.3 — Карта рослинного покриву Дніпропетровської області.

До найбільш освоєних належить степова зона — орні землі становлять понад 75 % земельного фонду. Головні сільськогосподарські культури — озима пшениця, соняшник, цукровий буряк, баштанні, подекуди рис.

На берегах водойм і в балках зустрічаються дерева і кущі. Літньою порою виключно в таких зонах їм вистачає вологи, а в зимовий період там вони захищені від морозів та весняних приморозків під час цвітіння. У степах можливо зустрінути зарослі пищини, мигдалю, тернику, степової вишні. В заплавах річок і балках зустрічаються ліси, - найбільш великий - Самарський ліс площею близько 15 тис. У балках та ярах трапляються байрачні ліси, у заплавах річок заплавні. Вододільні простори позбавлені природної деревної рослинності, але в багатьох є неприродно створені лісові масиви: Великомихайлівський, Грушуватський у Дніпропетровській області, Великоанадольський масив у Донецькій області. Починаючи з середини ХХ століття в степу насаджено багато лісосмуг, які відіграють важливу не тільки ґрунтозахисну, але й природоохоронну роль, компенсують нестача дикої

природи, протистоять вітровій ерозії. У той самий час, вони перетворюють типові степові ландшафти на лісостепові. Луки в зоні степів у більшості випадків прилягають до заплав річок.

Межі масиву належить до Лівобережної Придніпровської ерозійно-аккумулятивний низовини.

В геоморфологічному відношенні в межах описуваного району виділені I, II і IV надзаплавні тераси річки Дніпро.

Перша надзаплавна тераса річки Дніпро характеризується рівною поверхнею, наявністю в деяких місцях заболочених ділянок – блюдцеподібних знижень. Ці зниження добре виділяються в рельєфі, а місцями заповнені водою. Поверхня надзаплавної тераси розорана, зустрічаються невеликі лісові масиви. Абсолютні позначки поверхні 60-65 м. Спостерігається як слід виражена в рельєфі брівка тераси заввишки до 5 м (рис.1.5)

Перша вкладена надзаплавна тераса алювіальними різнозерністими пісками, супісками, перекриваються Дофінівським і Бузьким горизонтами, представленими суглинками і лесами.

Друга надзаплавна тераса поширена невеликими ділянками, і виражається в рельєфі надзвичайно слабо. Встановлена на підставі геологічних даних. Абсолютні позначки поверхні тераси 66-70 м.

Складена вона алювіальними пісками потужністю до 30 м, перекритими Дофінівським, Бузьким і Вітачевським горизонтами, представленими суглинками і лесами.

Четверта надзаплавна тераса простежується в північно-західній частині масиву. Абсолютні позначки тераси 70-80 м. Поверхня її рівна, час від часу спостерігаються на великих розмірів зниження, добре простежуються в рельєфі. Морфологічно виражена вельми слабо, встановлена за геологічними даними. Складена тераса товщею алювіальних пісків потужністю 30-45 м, перекритих двома горизонтами лесу з прошарками викопних ґрунтів.

Описувальна місцевість розташована в басейні р. Дніпро та його приток - Кільчені і Чаплинки. За своїм режимом річки відносяться до типу рівнинних, у



переважній більшості снігового живлення. У режимі річок яскраво виражено весняна повінь, низька літня межінь і дещо підвищений стан рівнів восени. Велика частина річного стоку (70-80 %) проходить у весняний період, на літо і осінь припадає близько 15-20 %, а на зиму 5-10 % річного стоку. Найменші витрати води, як і найнижчі межові рівні, спостерігаються в річках здебільшого в серпні-вересні. Величина мінімального стоку змінюється від нульових значень до 1,5 - 4 м<sup>3</sup>/сек влітку і 1,8-2,4 м<sup>3</sup>/сек взимку.

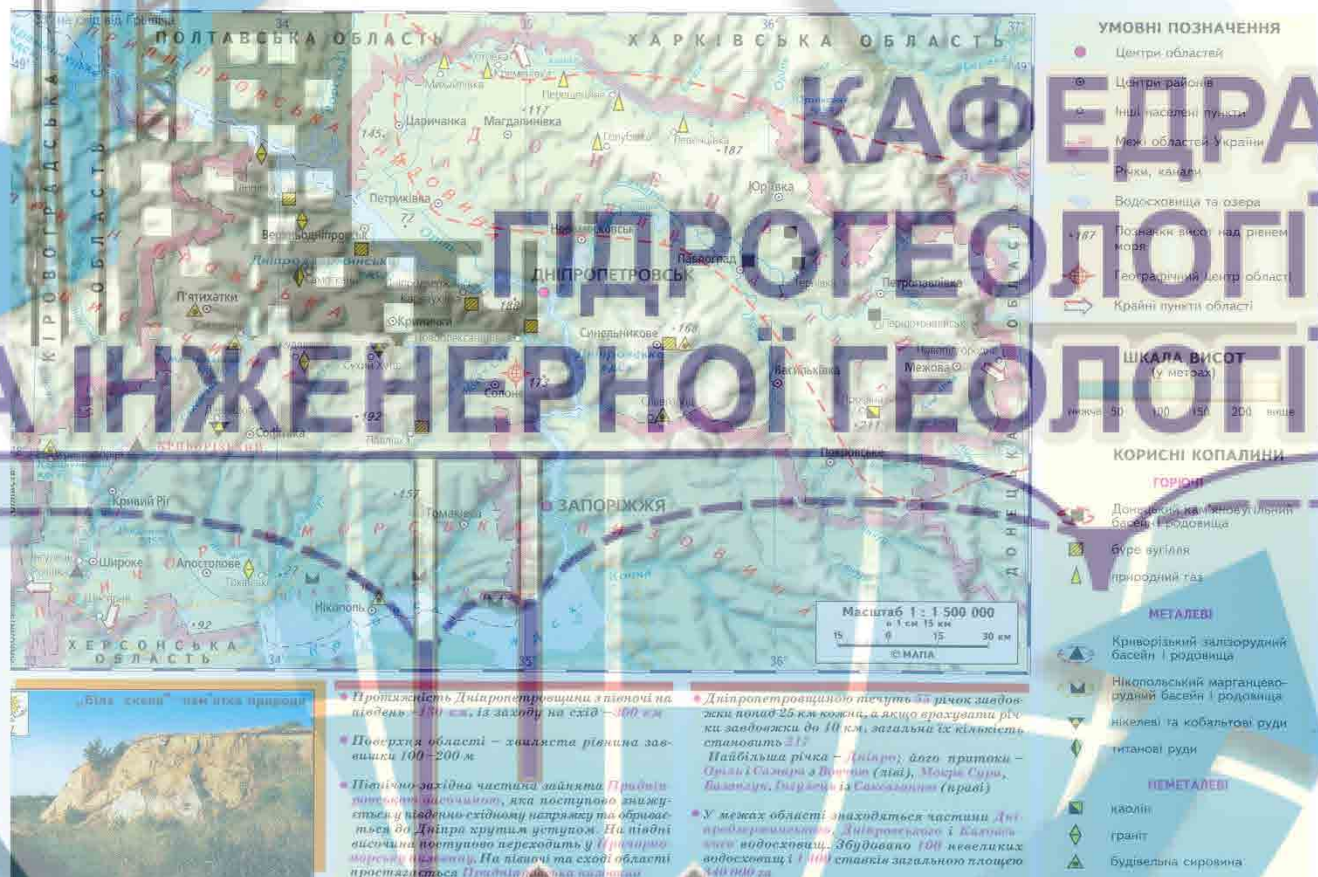


Рисунок 1.4 — Фізична карта Дніпропетровської області.

Вивчення режиму річок і внутрішньорічного розподілу стоку показує, що тільки в період паводку річки є областю живлення ґрунтових вод, а решту часу вони виступають областю розвантаження.

На підставі великомасштабного обстеження ґрунтів Дніпропетровської області в 1957-1961 рр. Дніпропетровським філіалом інституту "Укрземпроект" в 1966 році проведено коригування найменувань ґрунтів (рис 1.5).

За результатами коригування були виділені ґрунти і площі їх розповсюдження на Фрунзенському зрошуваному масиві - I черга.

Найбільш поширеними ґрунтами на території масиву є чорноземи звичайні малогумусні. Вони формуються за відсутності впливу ґрунтових вод, рівні яких залягають глибше 5-6 м. Серед цих чорноземів виділені повнопрофільні, слабкозмиті, середньозмиті, намиті різновиди.

Найбільш поширені чорноземи звичайні малогумусні, пілуватосередньосуглинисті на лесах. Друге місце по поширенню займають чорноземи звичайні малогумусні піщано-легкосуглинкові на лесах.

Серед чорноземів звичайних малогумусних наступні місця займають чорноземи звичайні малогумусні намиті пілуватосередньосуглинисті на лесах. Вони формуються в місцях невеликих знижень в результаті змиву гумусового горизонту з сумжінних звичайних чорноземів.

Серед лучно-чорноземних ґрунтів невелике розповсюдження мають лучно-чорноземні ґрунтопілуватосуглинисті на лесовидних суглинках. На території поширення даних ґрунтів рівень ґрунтових вод залягає на глибині 4-6 м, тому ці ґрунти відносяться до лучно-чорноземних.

На слабопомітній улоговині стоку поширені лучно-чорноземні ґрунти, намиті середньовилуговані пілуватосередньосуглинисті на лесовидних суглинках.

Менш поширені чорноземно-лучні ґрунти. Намиті пілуватосередньосуглинисті на лесовидних суглинках.

Решта ґрунтових різновидів мають невелике поширення на площі масиву і залягають невеликими розрізненими ділянками.

## 1.2 Геологічна будова

Описувана місцевість розташована на південно-західній околиці Дніпровсько-Донецької западини. З півдня описувана територія обмежена



Українським кристалічним масивом. Межа поміж УКЩ і Дніпровсько-Донецької западиною підкреслюється р.

В геологічній будові району бере участь різноманітний комплекс порід докембрію, протерозою-палеозою, мезозою і кайнозою (рис.

У звіті наводиться описування лише кайнозойської групи, так як нижележачі відкладення не впливають на гідрогеолого-меліоративні умови району.

У складі кайнозойської групи (Kz) виділяються палеогенова і четвертинна системи.

Палеогенова система представлена осадами верхнього і середнього еоцену.

Відкладення середнього еоцену представлені бучацькою свитою (P2bč).

Розвинені в центральній і північній частинах території, де трансгресивно-залигають на розмитій поверхні тріасових і кам'яновугільних порід.

Представлена бучацька свита дрібно- і середньозернисті пісками з прошарками глин, вторинних каолінів та бурого вугілля.

Потужність відкладень 16-60 м, глибина залягання 60-105 м.

Відкладення верхнього еоцену представлені київської свитою (P2kv).

Мають майже повсюдне поширення, залягають вони трансгресивно на осадах бучацького ярусу, а в місцях їх відсутності на докембрійських породах; перекриваються майже повсюдно - відкладеннями четвертинної системи.

Складена київська свита кварцовими різнозернистими пісками з домішкою зерен глауконіту. Вище по розрізу піски поступово змінюються піщано-мергелистою породою і піскуватим мергелем блакитно-сірого кольору. Верхня частина розрізу київської свити на досліджуваній площі представлена одноманітними глауконіто-кварцовими сірувато-зеленими різнозернистими пісками з малопотужними прошарами пісковиків і глин. Загальна потужність київських відкладень 45-70 м.

Відкладення четвертинної системи покривають всю площу, залягаючи на опадах палеогену.



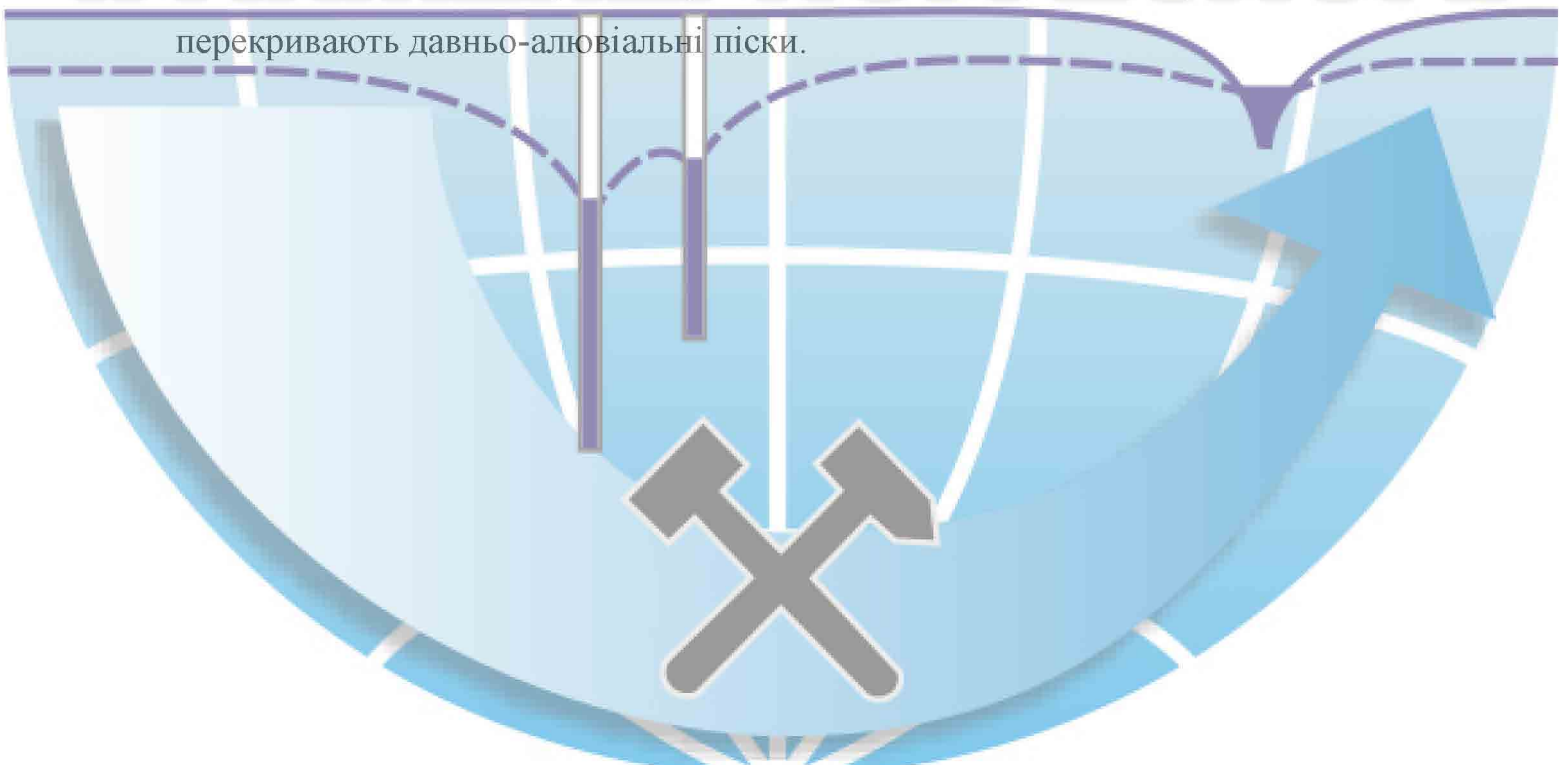
Найважливішою геологічною формацією четвертичної системи в межах масива є лесова.

Четвертинна система представлена відкладеннями середнього та нерозчленованого середнього і верхнього відділів.

У літологічному відношенні відкладення середнього відділу представлені пісками, потужністю від 20 до 40 м. Піски сірі, кварцові. Верхня частина товщі потужністю 5-7 м, представлена, зазвичай, дрібно- і тонкозернистим пісками. Нижче залягають, здебільшого, середньозернисті і, рідше, дрібнозернисті, добре відсортовані піски, які повсюдно підстилаються відкладеннями харківської свити.

Нерозчленовані еолово-делювіальні відкладення представлені лесовидними жовтуватобурими суглинками, у верхній частині гумусовані. У літологічному відношенні переважають середні суглинки, на окремих ділянках зустрічаються легкі і важкі суглинки. Загальна потужність суглинків дорівнює 5-10 м, складаючи в середньому 7-8 м. Лесовидні суглинки суцільним чохлам перекривають давньо-алювіальні піски.

КАФЕДРА  
ГІДРОГЕОЛОГІЇ  
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



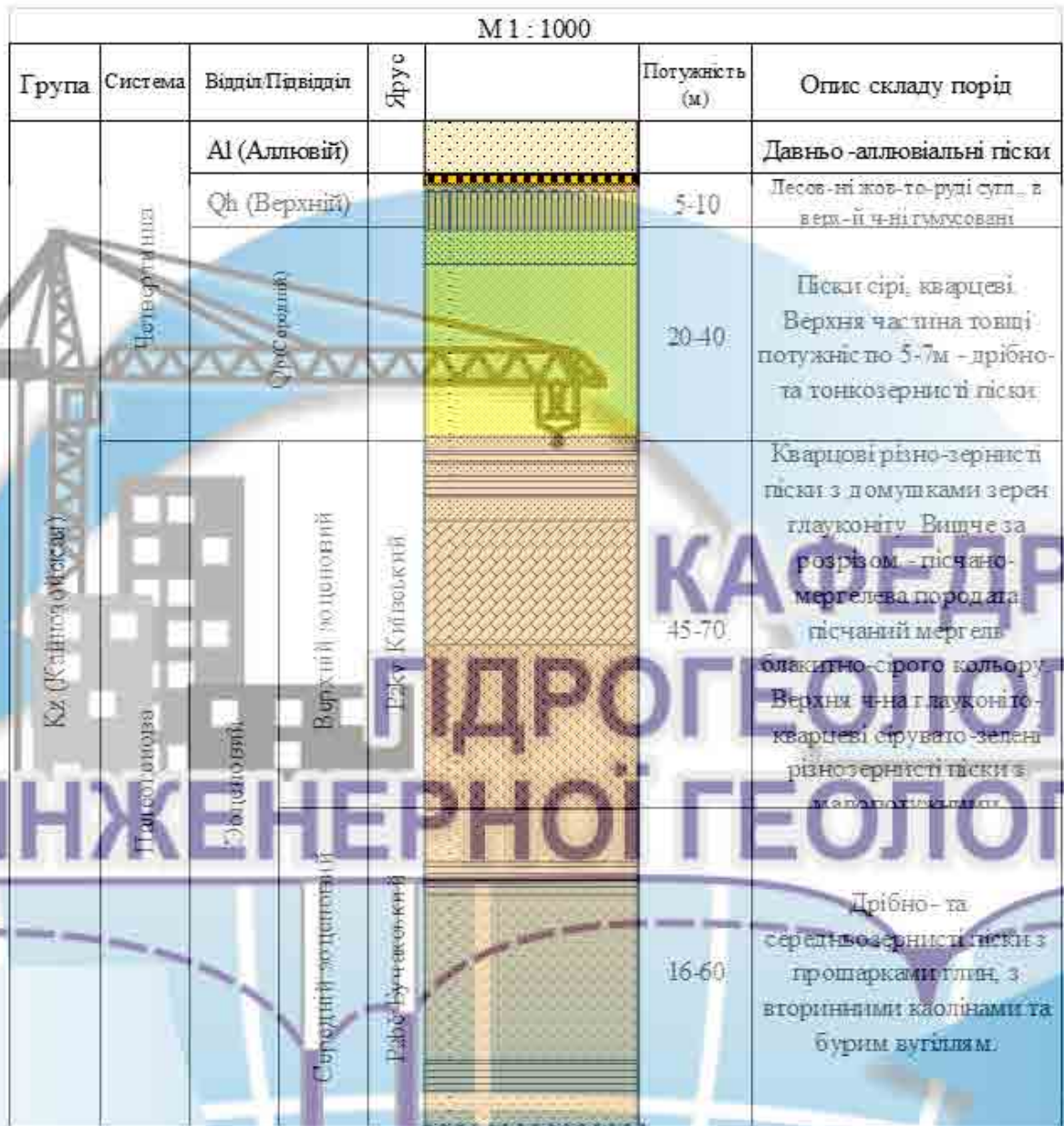


Рис. 1.5 – Стратиграфічна колонка побудована для території досліджень

Підземні води містяться у всіх стратиграфічних комплексах від сучасних четвертинних утворень до кристалічних порід докембрію.

На рис. 1.7 та рис. 1.8 наведено геолого-гідрогеологічні розрізи для території досліджень.

Відповідним чином з геологічною будовою на описуваній площі виокремлюють водоносні горизонти у відкладеннях бучацької свити, у відкладеннях київської свити, в нижньо-верхньочетвертинних еолово-делювіальних-елювіальних відкладеннях і нижньо-верхньочетвертинних аллювіальних відкладеннях.



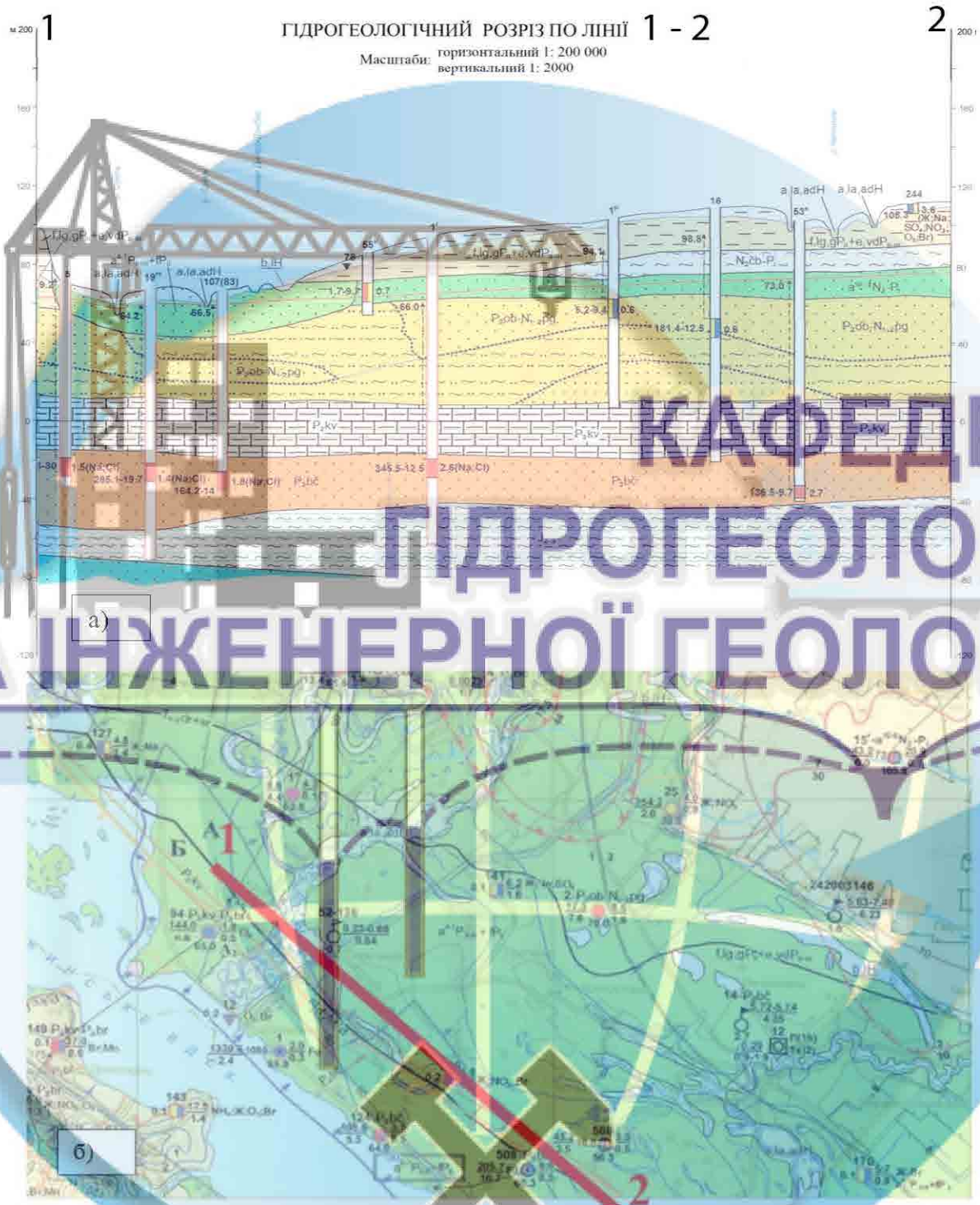
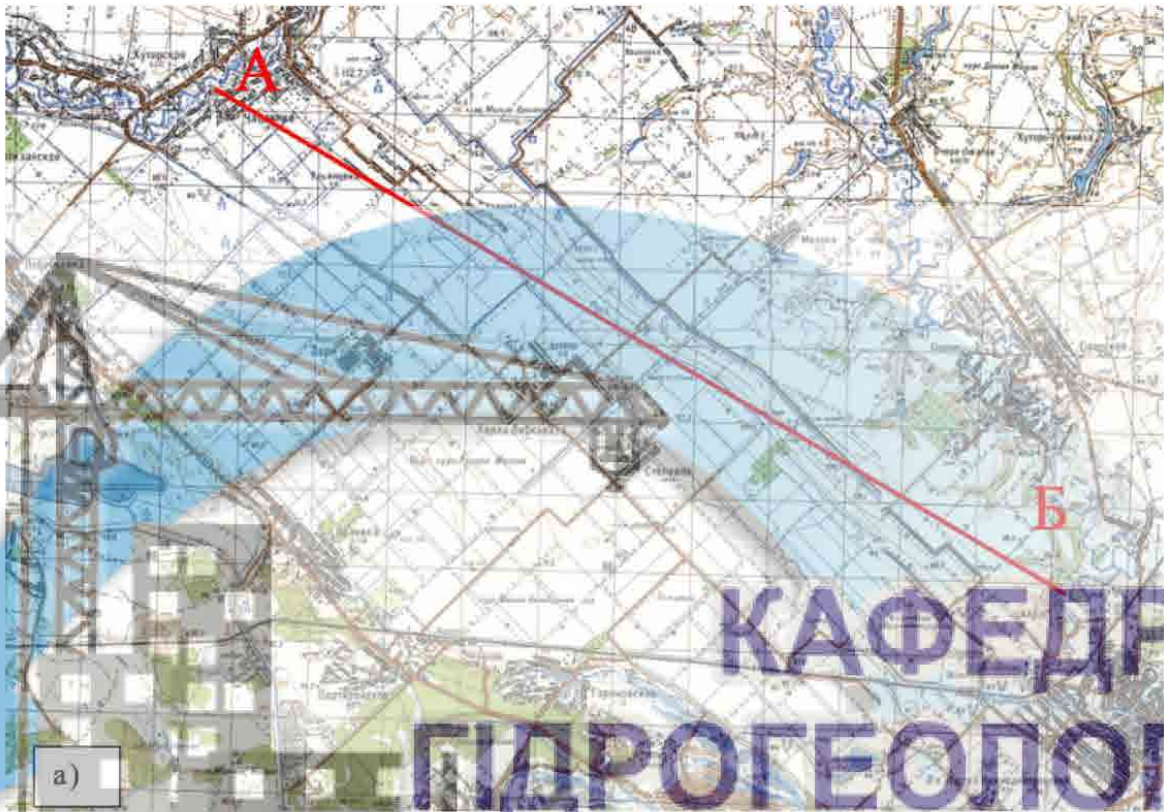


Рисунок 1.6 — а) та б) Геологічний розріз за лінією 1 – 2, та лінія розрізу 1 – 2 на карті, відповідно. Території на якій зображена на розрізі – неподалік від Дніпродзержинського водосховища, неподалік від району досліджень.







а)

# КАФЕДРА ПІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

Умовні позначення

Літологічний склад порід

-  ґрунтово-рослинний шар
-  суглинок лісовидний мулуватий
-  пісок, різнозернистий, глинистий
-  глина сіра, зелена, строката
-  суглинок лісовидний, середній та важкий
-  суглинок лісовидний, легкий
-  п'езометричний рівень

б)



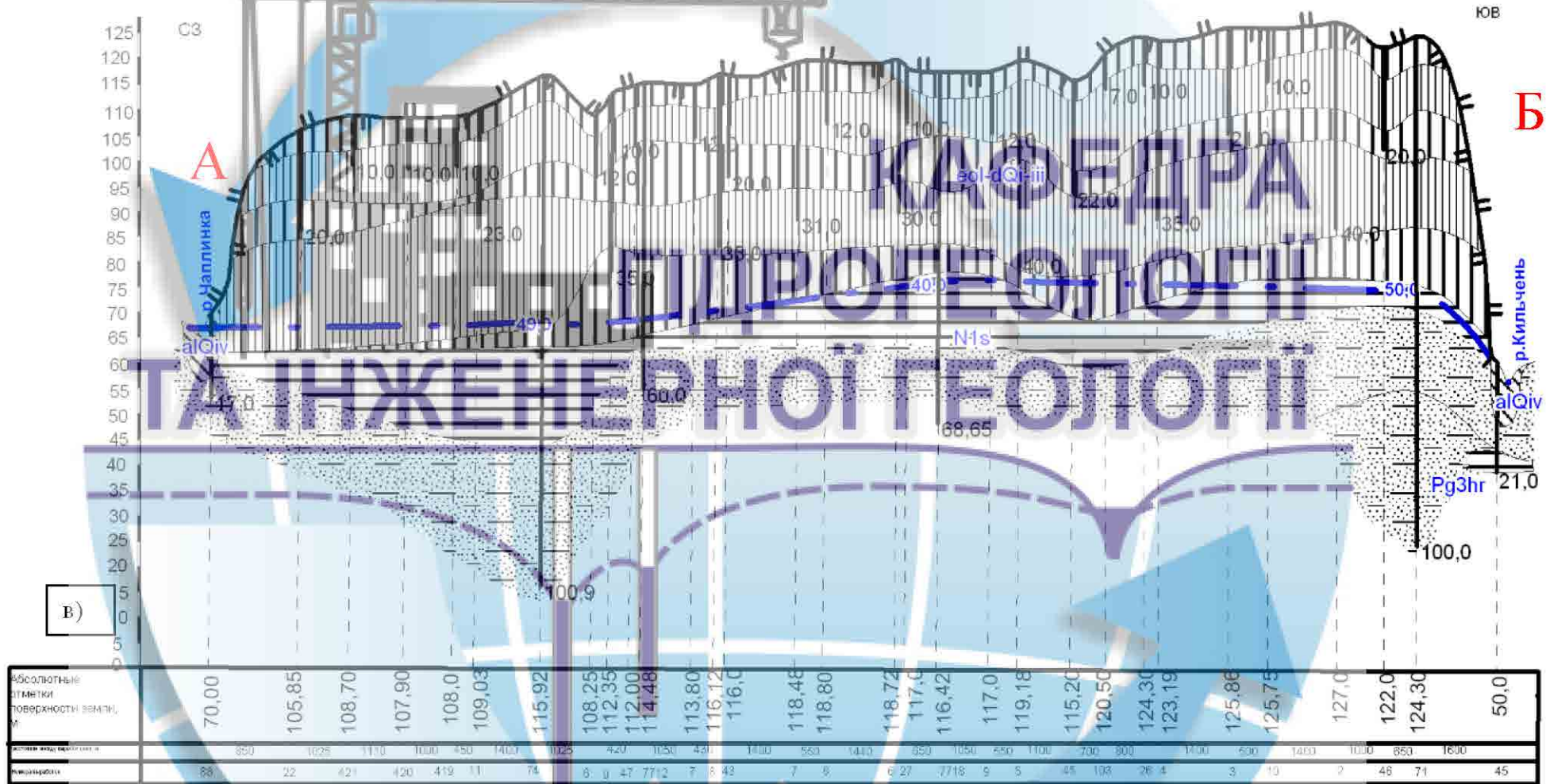


Рисунок 1.7— а) Лінія геологічного розрізу А-Б на карті району досліджень. б) Легенда до геологічного розрізу за лінією А-Б в) Геологічний розріз за лінією А-



### 1.3 Гідрогеологічні умови

Формування гідромеліоративної обстановки на площі масиву проходить в тісному взаємозв'язку з режимом підземних вод у відкладеннях четвертинної системи і палеогену. Води, що містяться в тріасових і кам'яновугільних відкладеннях, залягають глибоко від поверхні землі і мають обмежене поширення. Глибоко залягають і води верхньої тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію і продуктів їх руйнування. У зв'язку з цим, вони не впливають на формування меліоративної обстановки на масиві. Тому гідрогеологічна характеристика цих відкладень не наводиться.

Водоносний горизонт нижньо-верхнечетвертинних відкладень представлений кварцовими різнозернистими пісками з переважанням дрібнозернистої фракції, а також супісками та суглинками. Середня потужність водовміщуючих відкладень 20-30 м. Підстилаються відкладення річкових терас піщано-глинистими утвореннями київської свити. У південно-західній частині масиву горизонт залягає першим від поверхні землі.

Горизонт безнапірний. Глибина залягання рівня ґрунтових вод від поверхні землі змінюється від 0,1 до 11 м. Коефіцієнт фільтрації пісків за даними досвідчених відкачок зі свердловин коливається від 0,1 до 20,4 м / добу, при середовищ-них значеннях 1,5-3 м / добу. Дебіт свердловин змінюється від 0,15 л / сек до 5 л / сек при зниженні рівня на 3-4 м. Пробні відкачки з колодязів, що розкривають верхню частину розрізу показали, що дебіт не перевищує 0,1 л / сек, питомий дебіт - 0,16-0,20 л / сек.

Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, поверхневих вод, а також підтоку вод з нижчих горизонтів. Область живлення збігається, в основному, з областю поширення терасових відкладень. Розвантажується горизонт в заплаву р. Дніпро. Ухил потоку в середньому дорівнює 0,0008.

Даний водоносний горизонт є основним джерелом водозабезпечення населених пунктів Підгороднє, сел. Фрунзенське, Обухівка та ін.

Водоносний горизонт нижньо-верхнечетвертинних еолово-делювіальних-елювіальних відкладень має повсюдне поширення в межах досліджуваного району.

Водомісткими породами є лесовидні суглинки легкі, середні і важкі суглинки. Потужність обводнених суглинків змінюється від декількох до 15 м. Глибина залягання ґрунтових вод змінюється від 0,3 до 12 м. Загальний рух ґрунтового потоку направлено до долини р. Дніпро.

Вододостача горизонту слабка. Добовий водозабір з колодязів в середньому становить 0,5-1,5 м<sup>3</sup>. Коефіцієнти фільтрації коливаються: для легких і середніх суглинків від 0,25 до 2,75 м / добу з середніми значеннями 0,6-0,8 м / добу, важких суглинків - від 0,06 до 0,36 м / добу при середньому значенні 0,25 м / сут.

Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, розвантаження - в долину р. Дніпро. Води еолово-делювіально-елювіальних відкладень експлуатуються побутовими колодязями для водопостачання невеликих населених пунктів, польових станів і тваринницьких ферм.

Водоносний горизонт відкладень київської свити на описуваній площі поширений повсюдно. Водомісткими породами є піски і піщаники київської свити потужністю 15-35 м. Підстилають їх досить витримана товща мергелів потужністю 10-30 м, що є регіональним водоупором. У покрівлі горизонту залягають піски четвертинного віку.

Глибина залягання водоносних пісків змінюється від 20 до 85 м, в залежності від рельєфу місцевості. Горизонт напірний. Величина натиску змінюється від 5 до 55 м і зменшується в напрямку до долини Дніпра.

Вододостача горизонту незначна. Дебіти свердловин не перевищують 0,2-0,3 л / сек при зниженні рівня на 10 м. Коефіцієнти фільтрації по даним дослідних відкачок зі свердловин в середньому складають 1-4 м / добу



Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і перетікання води з верхніх відкладень.

На досліджуваній площі води київського водоносного горизонту для господарсько-питного водопостачання не використовуються.

Водоносний горизонт відкладень бучацької свити поширений повсюдно на площі масиву. Водоносними є дрібнозернисті кварцево-глауконітові піски. Потужність водоносного шару бучацьких відкладень змінюється від 15 до 60 м. Покрівля водоносної товщі представлена мергелями і глинами київської свити, які ізолюють даний водоносний горизонт від вищерозміщених. Підстилається горизонт глинами і алевролітами юри і тріасу.

Води напірні. Висота натиску змінюється від 15 до 95 м. Вододостача пісків варіює в широких межах. Дебіти по свердловинах коливаються від долей л / сек до 17 л / сек. Середні значення питомої дебіту становлять 0,5-1 л / сек. Коефіцієнти фільтрації бучацького пісків змінюються в межах 0,015-6,1 м / добу.

Живлення водоносного горизонту відбувається за долиною р. Дніпро, розвантаження - шляхом перетікання в нижчерозміщені горизонти.

Для господарсько-питного постачання води бучацьких відкладень не використовуються.

## 2. Зрошувані території та їх режим

### 2.1 Аналізи стану зрошувальних систем Дніпровської області

Дніпропетровський регіон належить до областей, де виробляється значна частина сільськогосподарської продукції України. Площа угідь, яка використовується для сільськогосподарського виробництва, становить 2 млн. 514 тис. га.

Будівництво зрошувальних систем у Дніпропетровській області відбувалося протягом 1966-1980 років. Побудовано 34 Державні зрошувальні системи (Рис. 2.1), з яких найбільші: Фрунзенська зрошувальна система-обслуговує 27,7 тис. га зрошуваних земель, зрошувальна система в зоні каналу Дніпро-Кривий Ріг-обслуговує 23,3 тис. га, Магдалинівська зрошувальна система — 23,1 тис. га.

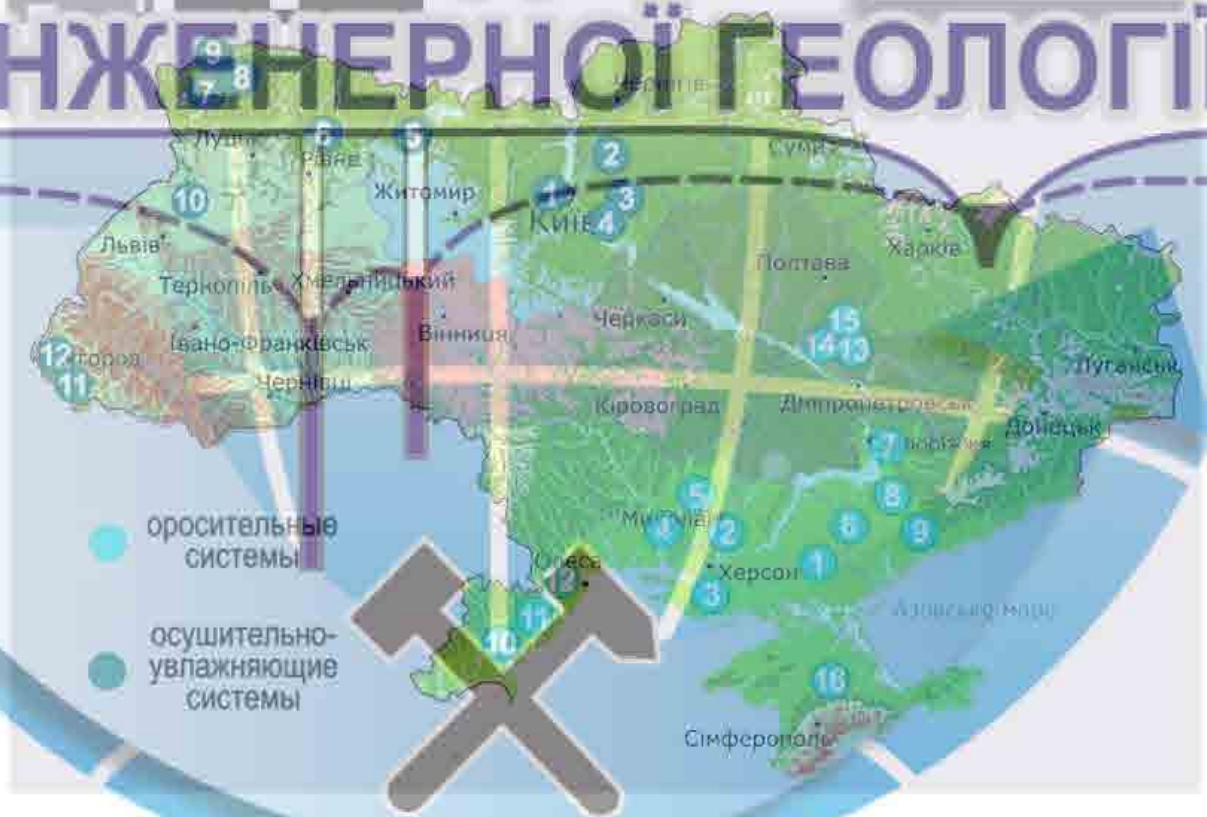


Рис. 2.1 Розташування зрошувальних системи України

Загальна довжина міжгосподарської мережі, яка забезпечує розподіл води між водокористувачами та перебуває у державній власності, становить



майже 800 км, де функціонують 185 насосних станцій, понад 2000 гідротехнічних споруд. Загальна вартість основних меліоративних фондів – понад 500 млн.грн.

Загальний обсяг розрахункового водоспоживання по всій території України оцінюється величиною близько 10 млрд.м<sup>3</sup>, з яких понад 7 млрд. м<sup>3</sup> покривається дніпровською водою, близько 0,5 млрд. м<sup>3</sup> – за рахунок водних ресурсів Південного Бугу, 0,4 млрд. м<sup>3</sup> – Дністра, 0,8 млрд. м<sup>3</sup> – Сіверського Дінця, 0,5 млрд. м<sup>3</sup> – Дунаю. Додатково використовуються ресурси малих річок Причорномор'я та Приазов'я. Необхідність у воді зрошувального землеробства значно коливаються в залежності від природного зволоження конкретного року.

Зрошувальні сільськогосподарські меліорації являють собою систему заходів щодо поліпшення природних умов територій. Вони досягаються шляхом зміни і регулювання водного, повітряного і теплового режимів для підвищення родючості ґрунтів і забезпечення високих стабільних врожаїв.

За часом впливу зрошення поділяють на одноразове і регулярне. При одноразовому зрошенні воду на поля подають один раз до початку вегетації сільськогосподарських культур (700-2000 м<sup>3</sup>/га), а при регулярному – в певні терміни і в потрібній кількості, витрачаючи на один полив (в середньому 300-800 м<sup>3</sup>/га).

Магдалинівська зрошувальна система розташована в 2 районах Дніпропетровської області. Вона споруджена в 1980-1984 рр.для зрошення 25,7 тис. га. джерелом води є канал Дніпро-Донбас, звідки вона трьома насосними станціями перекачується в зрошувальні канали.

Царичанська зрошувальна система, споруджена 1982 р. на площі в 12,8 тис. га, обслуговує господарства 2 районів Дніпропетровської області.

Каховська зрошувальна система є найбільшою на території України, що забезпечує зрошення земель на території площею 780 тис. га між Північно-Кримським каналом і Молочним лиманом. Її джерелом є Каховське

водосховище, звідки насосна станція зі швидкістю 530 м<sup>3</sup>/с подає воду на висоту 25 м в головний магістральний канал.

Інгулецька зрошувальна система-одна з перших великих держав, введена в експлуатацію в 1956-1963 рр. для господарств 4 районів Миколаївської та Херсонської областей. Вода з Р. Дніпро самопливом надходить по поглибленому руслу р. Інгулець до місця водозабору насосної станції (продуктивність 36 м<sup>3</sup>/с), а потім в магістральний канал. Тут в основному використовується дощування (до 92% площі).

Краснознаменська зрошувальна система розміщена на території 2 районів Херсонської області і умовно поділяється на дві частини – з самопливним зрошенням (побудована в 1956-1966 рр.) і з механічним підйомом води (1976 р.). Водозабір проводиться з Північно-Кримського каналу, а полив – дощувальними машинами.

Південнобузька зрошувальна система, побудована в 1968-1975 рр., розташована на землях 2 районів Миколаївської області. Площа зрошуваних земель становить 12,2 тис. га, а джерелом живлення є Р. Південний Буг, звідки вода насосною станцією подається на висоту понад 100 м в магістральний канал.

Явкінська зрошувальна система розташована в межах 5 районів Миколаївської області. Будівництво Системи розпочато 1974 р., Загальна площа зрошення складе 97 тис. га, з яких в даний час введено в експлуатацію близько 55%. Джерелом живлення є річки Дніпро та Інгулець.

Сірогозька зрошувальна система розміщена на території Херсонської та Запорізької областей. Будівництво розпочато в 1986 р. і здійснюється на загальній площі 116,4 тис. га. зрошення передбачається з Сірогозького магістрального каналу, в який вода подається насосною станцією з Каховського магістрального каналу.

Жовтнева зрошувальна система споруджена в 1981-1983 рр. на землях Вільнянського району (площа понад 13,5 тис. га) Запорізької області.



Джерелом живлення є Дніпровське водосховище, з якого вода насосною станцією подається в магістральний канал.

Північнорогачинську зрошувальну систему, що обслуговує господарства 6 районів Запорізької області, почали будувати в 1968 р. Загальна площа системи становить 164 тис. га, з яких вже експлуатується 110 тис. га. джерело зрошення – Каховське водосховище, звідки вода надходить в головну насосну станцію.

Приазовська зрошувальна система розміщена в території 3 районів Запорізької області. Її будівництво ведеться з 1982 р.і в даний час загальна площа зрошення становить 96,8 тис. га. з Каховської зрошувальної системи вода перекачується в Приазовський магістральний канал.

Татарбунарська зрошувальна система, побудована в 1962-1975 рр., розміщена на землях 3 районів Одеської області. Вода до водозабору системи подається двома каналами з Р. Дунай, а три Насосні станції забезпечують послідовне її перекачування (на висоту 70 м) в Дракулівське водосховище.

Дунай-Дністровська зрошувальна система знаходиться в межах 3 районів Одеської області. Її перша черга (площа 29,2 тис. га) введена в експлуатацію 1987 р., а в перспективі площа зрошуваних земель досягне 200 тис. га. після опріснення дунайською водою озера Сасик, воно стало джерелом системи.

Нижньодністровська зрошувальна система знаходиться в межах 2 районів Одеської області. Вона споруджується з 1964 р. і площа зрошення вже перевищила 37 тис. га. Джерело живлення – р. Дністер, звідки вода за допомогою насосної станції подається в приймальний басейн і розподіляється по каналах загальною довжиною 456 км.

Магдалинівська зрошувальна система розташована в 2 районах Дніпропетровської області. Вона споруджена в 1980-1984 рр. для зрошення 25,7 тис. га. джерелом води є канал Дніпро-Донбас, звідки вона трьома насосними станціями перекачується в зрошувальні канали.

Царичанська зрошувальна система, споруджена 1982 р. на площі в 12,8 тис. га, обслуговує господарства 2 районів Дніпропетровської області. Джерелом живлення є канал Дніпро-Донбас.

Салгирська зрошувальна система розташована на території 2 районів АР Крим. Вона введена в експлуатацію в 1961 р. на площі в 4,5 тис. га. джерелом живлення є Сімферопольське водосховище, з якого вода подається в магістральний водовід.

Фрунзенська зрошувальна система, що обслуговує господарства 4 районів Дніпропетровської області, введена в експлуатацію у 1970 р. (I черга) та у 1975 (II черга). З Дніпровського водосховища вода самопливом каналом (розрахованим на пропуск до 20 м<sup>3</sup>/с води) надходить у головну насосну станцію.

Перша черга Фрунзенського зрошувального масиву розташована на лівому березі р. Дніпро в межах Дніпропетровського та Петриківського районів Дніпропетровської області (рис. 2.2). Північна межа масиву проходить по магістральному каналу і вздовж с. Ульянівка до р. Чаплинка, західна частина масиву — обмежена смт. Петріківка, південна - автомагістраллю Дніпропетровськ-Полтава, східна автомагістраллю Дніпропетровськ-Новомосковськ. Природні межі масиву на півночі - схили вододільного плато, на півдні - уступ I надзаплавної тераси р. Дніпро, на сході - р. Кільчень і на заході - р. Чаплинка.





Рисунок 2.1 Гідравлічна мережа району досліджень.

Загальна протяжність масиву становить 35 км при ширині 7-9 км. Зрошувана площа на 01.01.2008 року склала - 16097 га, спостережувана - 24626 га.

Для створення сприятливого гідрогеолого-меліоративної обстановки на зрошуваних і прилеглих землях, а також для захисту населених пунктів від підтоплення, площа ФОС-I покрита вертикальним дренажем (рис. 2.2). Кількість водознижувальних свердловин - 69, з яких 23 - працюючі. Уздовж МК-I, з метою захисту с. Підгороднє від підтоплення фільтраційними водами каналу і створення сприятливої обстановки на ділянці від НСП-1 до ДПС-2, діє лінійний приканальний горизонтальний дренаж (рис. 2.3) довжиною 6,48 км. Відкачування дренажної води здійснюється дренажною насосною станцією №2 (ДНС-2). Скидання води проводиться в р. Кільчень, а в поливний період в МК-I.



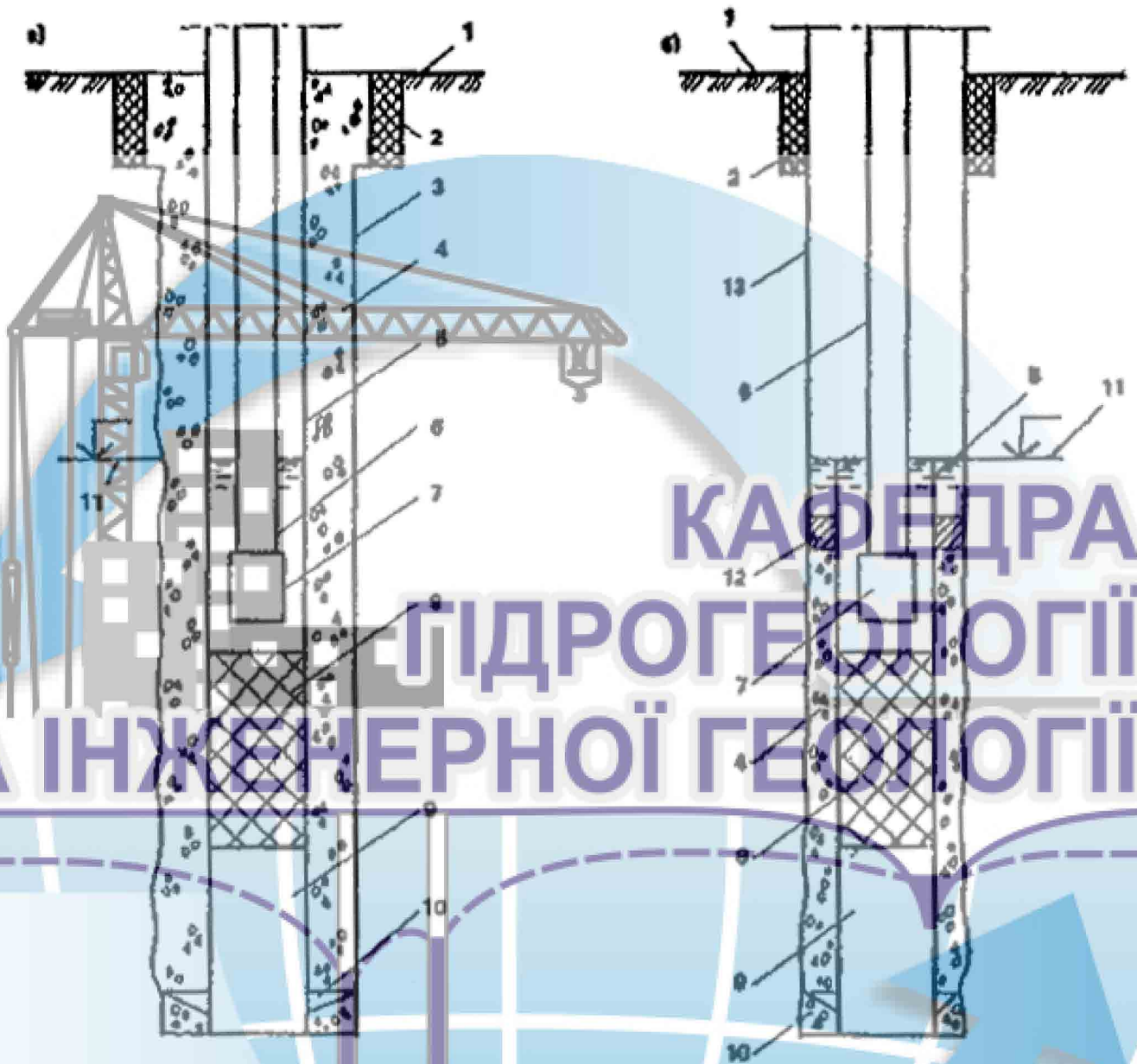


Рисунок 2.2 Схеми конструкцій свердловин вертикального дренажу

Умовні позначення до рис. 2.2: а – без кріплення обсадними трубами; б – з частковим кріпленням обсадними трубами; 1 – цементний замок; 2 – кондуктор; 3 – стовбур свердловини; 4 – піщано-гравійне засипання; 5 – фільтрова колона; 6 – водопідіймна колона; 7 – насос; 8 – фільтр; 9 – відстійник; 10 – напрямний (центруючий) ліхтар; 11 – динамічний рівень води у свердловині; 12 – сальникове ущільнення; 13 – обсадна труба.





Рисунок. 2.3 Схема горизонтального дренажу

Зрошуваний масив вводився в експлуатацію з 1965 по 1970 рр. Гідрогеолого-меліоративна експедиція розпочала спостереження на масиві з 1968 р.

Зрошувальна мережа Фрунзенського зрошувального масиву - I черга складається з 3-х головних насосних станцій, семи станцій підкачки, трьох станцій відкачування дренажних вод, магістрального каналу, напірних трубопроводів, міжгосподарських і господарських розподільників і тимчасових зрошувачів.

## 2.2 Особливості водно-сольового режиму на зрошувальних територіях

У степовій зоні України сольовий склад річкових вод пояснюється накопиченням в ґрунтах легко розчинних солей з перевагою сульфатів і хлоридів натрію і магнію, а також специфічністю літологічного складу материнських порід. Загальна мінералізація перевищує  $2000 \text{ мг/дм}^3$ .

В приморських степових районах особливо у степовій частині Кримського півострова, річки надмірно засолені хлоридами натрію. Вміст солей може сягати до  $10000 \text{ мг/дм}^3$ . Враховуючи вплив карстових процесів річкові води гірського Криму збагачені гідрокарбонатами кальцію і магнію. В літню межень мінералізація досягає  $400\text{-}600 \text{ мг/дм}^3$ .

Мінералізація річкових вод Карпат –  $100\text{-}200 \text{ мг/дм}^3$ . Вони збагачені кальцієм, а також деякими мікроелементами.

Великі ріки України характеризуються помірною мінералізацією і в основному гідрокарбонатно-кальцієвим складом.

Мінералізація води Дніпра по всій течії змінюється дуже мало. Лише в гирлі, завдяки нагонам солоної води, відзначається збільшення мінералізації та зміни її складу (з гідрокарбонатного в хлоридний). Найбільш значні зміни мінералізації за течією встановлені у Сіверському Донці. Ці зміни відбуваються внаслідок скидів промислових вод. Гідрокарбонатно-кальцієвий склад у верхів'ях змінюється на сульфатний і хлоридно-сульфатний на витоках з України.

В межах Полісся в період весняної повені мінералізація річкових вод знижується до  $30\text{-}60 \text{ мг/дм}^3$ , а у степових районах – до  $150\text{-}400 \text{ мг}$ . Жорсткість річкових вод змінюється відповідно змінам мінералізації. На річках Полісся і Карпатів жорсткість вод дуже мала ( $0,5\text{-}2,0 \text{ мг-екв/дм}^3$ ), а в районах лісостепу вона зросла до  $3\text{-}6 \text{ мг-екв/дм}^3$ . Води річок України мають різні ступені якості та можливості використання.



У залежності від показників джерела зрошення визначають можливу площу зрошення ( $F_{зр}$ ) та характер водоподачі води на систему (самопливом чи механічна), прогнозують характер впливу зрошення на природні та штучно створені екосистеми, зокрема, на величину та якість урожаю.

Під час зрошення земель водокористувачі зобов'язані здійснювати заходи щодо попередження заболочення, засолення та забруднення цих земель. Якість води, що використовується для зрошення земель сільськогосподарського призначення, повинна відповідати встановленим нормативам (ст. 65 ВКУ).

Для того, щоб остаточно вирішити, яка площа буде зрошуватись і чи потрібно здійснити регулювання стоку річки і як саме подавати воду — самопливом чи механічно, необхідно співставити гідрограф стоку річки з потребою на зрошення. При цьому можливі три випадки.

1) витрата води в річці набагато перевищує потребу води для зрошення. В цьому випадку потрібно проаналізувати коливання рівнів води в річці на протязі вегетаційного періоду, щоб вирішити, який запроєктувати спосіб подачі води – механічний чи самопливом.

2) витрата води в річці в окремі періоди дорівнює витраті води на зрошення або дещо менша її. У цьому випадку потрібно вирішити питання про будівництво греблі з метою сезонного регулювання стоку.

3) витрати на зрошення в окремі періоди часу перевищують витрату води в річці. В цьому випадку необхідно проаналізувати стік річки (чи вистачить його взагалі) і запроєктувати сезонне чи багаторічне регулювання стоку.

Вплив зрошення на режим і баланс ґрунтових вод тим більше, чим більша питома вага іригаційного живлення в балансі ґрунтових вод і чим менше природна дренажність земель. Близько 15% зрошуваних земель - у несприятливому меліоративному стані; це головним чином землі, підтоплені та засолені в результаті підйому рівня ґрунтових вод під впливом зрошення при недостатньо ефективній роботі горизонтального дренажу. [10]

Підтоплення – це підняття рівня ґрунтових вод до поверхні, вище необхідної норми осушення, викликане цілим комплексом, або окремими причинами. Воно спричиняється як природними, так і антропогенними факторами або причинами.

Природні:

1. Утворення верховодки
2. Підняття рівня ґрунтових вод
3. Підняття капілярної води від напірних підземних вод

Антропогенні фактори можуть виникати через:

1. Погіршення умов відтоку зливових і тало-дошових вод при будівництві
2. Підтоплення територій, через погіршення умов стоку поверхневих вод, не виконання вимог нормальної експлуатації водних комунікацій
3. Будівництво водосховищ і каналів в населених і промислових районах

[9]

У загальному випадку вплив зрошення проявляється в наступному:

1. підвищується вологість зони аерації;
2. виникає додаткове живлення ґрунтових вод за рахунок іригаційних вод.

Залежно від застосовуваних способів зрошення та техніки поливу, величини водоподачі, літологічного складу і потужності зони аерації, кліматичних умов іригаційне живлення змінюється від декількох десятків до декількох сотень міліметрів на рік, складаючи в середньому 300-400 мм/рік в пустельних і напівпустельних зрошуваних районах

Вік більшої частини існуючої інженерної водогосподарсько-меліоративної інфраструктури складає понад 30-50 років. Частина ГТС експлуатувалася без проведення належних ремонтних заходів, в значній мірі відпрацювала свій ресурс, а отже є об'єктами, що потребують оперативної оцінки їх технічного стану та впливу на еколого-меліоративний стан прилеглих територій. Слід зауважити, що територіальне роз- 30 ташування низьконапірних ґрунтових гідротехнічних споруд водогосподарського призначення, зазвичай, відзначається розгалуженістю і масовістю. Наприклад, на території Дніпропетровської області наявна мережа



каналів, загальною довжиною понад 36 тис. км [7]. Важливо своєчасно проводити моніторинг зрошувальних систем, щоб уникнути процесів підтоплення.

Моніторинг технічного стану регулюючого басейну Калинівської зрошувальної системи (РБ-1 КЗС) було проведено у 2013, 2017 та 2018 роках за допомогою зйомок ПЕМПЗ та ВЕЗ. Зйомка ПЕМПЗ проводилася в профільному варіанті з відстанню між профілями 3 м, між точками спостереження на профілі 3 м. Довжина профілів складала 110 м.

Під час досліджень технічного стану території прилеглих до регулюючого басейну виявленню приховані зони фільтрації в тілі споруд. На внутрішньому відкосі басейну фільтрація проходить лінійно, а потім розтікається на південь. Саме в цьому місці знаходиться спускна труба, яка може бути деформована і пропускати воду, за рахунок чого йде обводнення західного відкосу (рис. 3.7). Ширина зони фільтрації 45-48м. Також завдяки зйомкам у 2017 році було знайдено ділянку фільтраційних процесів крізь дамби басейну з неусталеним режимом, через незадовільний внутрішній стан басейну. На цій ділянці зона фільтрації складає 2-10м

За результати ВЕЗ навколо РБ-6 Царичанської ЗС рівень ґрунтових вод у 2016 році складав від 4 м в східній, та до 5-6 м в західній частині, в 2018 році він піднявся в східній частині до 3 м. Рівень ґрунтових вод навколо РБ-1 Калинівської ЗС за 5 років піднявся на 0,5 м.





Рис.2.4 Спускна труба на західному відкосі регулюючого басейну-1 Калинівської зрошувальної системи. [7]

На регулюючому басейні Царичанської зрошувальної системи (РБ-6 ЦЗС) також проводилась моніторинг технічного стану у 2016 та 2018 роках. Зйомка ПЕМПЗ в профільному варіанті з відстанню між профілями 2 м, між точками спостереження на профілі 2-3 м. Для встановлення рівня ґрунтових вод в комплексі з методом ПЕМПЗ використано метод ВЕЗ.

За результатами польових робіт у 2016 р. на регулюючому басейні РБ-6 ЦЗС встановлені зони обводнення каналів і регулюючих басейнів ЗС. На відкосах басейну виділяється три ділянки зменшення щільності потоку імпульсів магнітної складової ПЕМПЗ. Поява цих зон пов'язана як з фільтрацією води внаслідок розщільнення або порушення гідроізоляції відкосів та дна РБ, так і з протіканнями води з аварійних підвідних та відвідних трубопроводів. Перша зона має ширину 23 м, друга – 12 м, третя – 17 м.



Рис.2.5. Ділянки фільтрації води крізь відкоси басейну РБ-6 ЦЗС [7]

Зрошення сільськогосподарських угідь та скидання дренажних вод у водні об'єкти здійснюються на підставі дозволу на спеціальне водокористування, який видається власнику зрошуваних угідь у встановленому Водним кодексом України порядку (ст.65).

При близькому (не більше 1,5-2,0 м) заляганні ґрунтових вод зрошувальну норму зменшують на 10-15%. На засолених ґрунтах або при зрошенні стічними водами підвищеної мінералізації, а також в зонах із сухим кліматом, зрошувальні і поливні норми збільшують на 10-30%.



Режим зрошення стічними водами визначається також удобрювальними властивостями стоків. Необхідна річна зрошувальна норма стічних вод визначається величиною виносу поживних елементів, прогнозним урожаєм сільськогосподарських культур,  $m_3/га$ .

Сучасні зрошувальні системи складаються з цілого комплексу споруд: греблі, водозабору, зрошувальної та дренажної системи, доріг та лісосмуг. При створенні їх проводиться планування території, а при експлуатації вносяться підвищені дози мінеральних добрив. Таким чином, у природні екосистеми добавляються не тільки нові елементи, але й спостерігається їх часткове, а іноді і повне руйнування. Це проявляється у зміні едафічних умов, зокрема у зміні сольового режиму, фізичних, фізико-хімічних, біологічних (і інших властивостей ґрунту, зміні рівня і мінералізації ґрунтових вод, температурного, водного і поживного режимів ґрунту, клімату приземного шару повітря).

Разом з тим на зрошуваних землях з'являється мезофільна (вологолюбива) рослинність і різко збільшується кількість бур'янів. На зрошуваних землях підвищується рівень ґрунтових вод (іноді зі швидкістю 3-4 м/рік), що викликає заболочення і вторинне засолення.

Ці зміни будуть спостерігатись тим яскравіше, чим більше вихідні екологічні умови будуть відрізнятись від створюваних. Так, при вирощуванні культури затоплого рису в Причорноморському степу України різко змінюється характер природних екологічних факторів, що діяли у минулому на формування екосистем цієї території., зокрема, змінюється зволоженість території, температура повітря, води і ґрунту. Зміна природного водного режиму ґрунтів супроводжується різким порушенням рівноваги в системі "ґрунт- вода-солі" і відповідно перерозподілом водорозчинних солей, зміною мінералізації і хімічного складу порових розчинів і ґрунтових вод у результаті процесів дифузії, розчинення і іонообмінної сорбції. Під культурою рису встановлюється промивний водний режим, що веде до зміни балансу солей (2.4),

органічних, мінеральних речовин, енергії і в цілому ґрунтоутворюючого процесу. Величина цих змін визначається тим, наскільки вихідні природні екологічні умови відрізняються від новоутворених екологічних умов. Так, на темно-каштанових ґрунтах півдня України, які утворились в умовах автоморфного і напівгідроморфного режиму, при вирощуванні культури затоплюваного рису інтенсивно розвивається елювіальний процес, а на каштаново-лугових ґрунтах, які утворились в умовах періодичного надмірного зволоження і близького залягання ґрунтових вод, цей процес ослаблений і, навпаки, більш інтенсивно проходить глеєвий процес. Крім того, при розорюванні цілинних земель змінюється видовий склад рослин і біологічна активність ґрунту, що супроводжується інтенсивним розкладанням органічної речовини.

# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

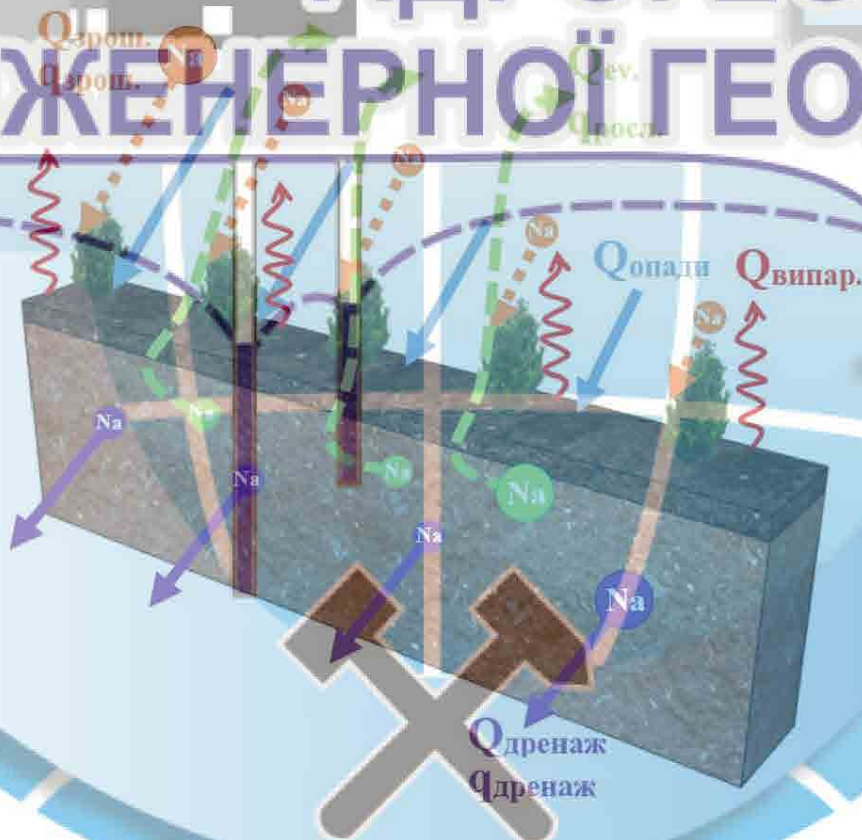


Рисунок 2.6 Схема до водно-сольового балансу

На даній схемі зображено усі основні джерела надходження води та Na у дослідний шар ґрунту, та усі шляхи виведення води та Na. За експертною рекомендацією масову частку Na, що вноситься у ґрунт разом із добривами було виключено з балансу т.к. як її величина є незначною та нею можна



знехтувати, аналогічно величиною  $Q_{\text{пов.сток}}$  – поверхневого стоку можна знехтувати. Розрахунок водно-сольового балансу для даних умов буде

$$\Sigma Q = Q_{\text{зрош.}} + Q_{\text{опад.}} - Q_{\text{дренаж.}} - Q_{\text{випар.}} - Q_{\text{ев.}} \quad (2.1)$$

$$\Sigma q_{Na} = q_{Na\text{зрош.}} - q_{Na\text{дренаж.}} - q_{Na\text{росл.}} \quad (2.2)$$

носити наступний вид так включати наступні складові:

$Q_{\text{зрош.}}$  – питомий об'єм водопостачання для цілей зрошування. Значення приведені на основі даних звітності Фрунзенської зрошувальної системи. ( $\text{м}^3/\text{га}$ ).

$Q_{\text{опад.}}$  – питомий об'єм атмосферних опадів. Значення приведені на основі даних річного моніторингу за кількістю опадів по Дніпропетровській області. ( $\text{м}^3/\text{га}$ ).

$Q_{\text{дренаж.}}$  – питомий об'єм дренажної води. ( $\text{м}^3/\text{га}$ ). Оскільки закладені вертикальний та горизонтальний дренаж знаходиться в незадовільному стані і потребують ремонту та реконструкції дана величина вираховується за наступною формулою:

$$Q_{\text{дренаж.}} = (Q_{\text{зрош.}} + Q_{\text{опад.}} - Q_{\text{випар.}} - Q_{\text{ев.}}) * 0,2 \quad (2.3)$$

Де 0,2 – коефіцієнт песимістичного прогнозу який вносить поправку з урахування незадовільного стану дренажної системи.

$Q_{\text{випар.}}$  – питомий об'єм випаруваної води з поверхні землі. Дані наведені на основі річного кліматичного режиму для Дніпропетровської області. ( $\text{м}^3/\text{га}$ ).

$Q_{\text{ев.}}$  – питомий об'єм води випаруваної з поверхні рослин. Дані наведені на основі лабораторних лізіметричних досліджень рослин видів *S. Maritima* та *S. Portulacastrum* [3]. ( $\text{м}^3/\text{га}$ ).

$q_{Na\text{зрош.}}$  – питома маса  $Na$  який надходить до ґрунту разом з зрошувальною водою з Фрунзенської систем. Дана величина розраховується за формулою:

$$q_{Na\text{зрош.}} = Q_{\text{зрош.}} * C_{Na} \quad (2.4)$$



$Q_{\text{Надренаж}}$  – питома маса Na який вноситься з ґрунту разом з дренажними водами. Дана величина розраховується за формулою:

$$Q_{\text{Надренаж}} = Q_{\text{дренаж}} * C_{\text{Na}} \quad (2.5)$$

### 2.1 Умови формування засолення земель та попереджувальні заходи

За даними Міжнародного інституту навколишнього середовища і розвитку (International Institute for Environment and Development) та Інституту світових ресурсів (World Resources Institute), близько 10% поверхні континентів покрито засоленими ґрунтами. Більшою мірою вони поширені в аридних районах.

Засолення ґрунту-процес накопичення розчинних солей, призводить до утворення солончакуватих (глибинне засолення), солончакових (поверхнєве засолення) і содовозасолених ґрунтів. Засолення може бути первинним і вторинним.

Первинне-накопичення солей в ґрунті внаслідок випаровування ґрунтових вод, солоності материнських породици в результаті впливу еолових

Вторинне-виникає в результаті штучної зміни водного режиму (наприклад, при неправильному зрошенні).

Засолені ґрунти - це група ґрунтів різного генезису і властивостей, що мають в профілі таку кількість легкорозчинних солей, яке погіршує родючість ґрунтів і негативно впливає на ріст і розвиток більшості рослин.

За хімізмом засолення розрізняють ґрунти з нейтральним засоленням-рН < 8,5 (хлоридне, сульфатно-хлоридне, хлоридно-сульфатне, сульфатне) і лужним засоленням-рН > 8,5 (хлоридно-содове, содово-хлоридне, сульфатно-содове, содово-сульфатне, сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатне)

Найбільшою токсичністю для рослин володіють карбонати натрію, потім слідують хлориди і нітрати лугів; сульфати найменш токсичні. Суміш різних солей завжди більш нешкідлива, ніж переважання однієї солі.



З точки зору родючості ґрунтів найбільш важливим показником є засоленість верхнього метрового (корнеобитаемого) шару. Наявність солей у другому метрі ґрунтового профілю і підстилаючих породах сприяє розвитку вторинного засолення.

Морфологічно поділ засолених ґрунтів по глибині, хімізму і ступеня засолення утруднено, тому виділення засолених ґрунтів, їх діагностика і класифікація засновані на результатах хімічних аналізів. Перелік показників, що використовуються для оцінки засолення ґрунтів, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 Перелік показників засолення ґрунтів

Властивості ґрунтів	Показники ґрунтів
Розподіл солей в ґрунтовому профілі	1. Верхня межа залягання солей, см 2. Потужність сольового профілю, см 3. Глибина залягання горизонту, максимального вмісту солей, см 4. Сольовий профіль (графічне зображення розподілу іонів в ґрунтовому профілі) 5. Глибина залягання ґрунтових вод, см
Хімізм засолення ґрунтів і ґрунтових вод	1. Вміст конкретних іонів, ( $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Ca}^{2+}$ та інш.) ммоль екв / 100 г ґрунту, ммоль екв / л, [мг-екв / 100 г ґрунту] 2. Співвідношення мілімолей еквівалентів іонів ( $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-}$ та інш.), відносні величини
Кислотно основні властивості (лужність) ґрунтів і ґрунтових вод	1. рН ґрунтових розчинів, паст, суспензій, одиниці рН 2. Види лужності: загальна лужність, лужність від $\text{CO}_2^-$ , карбонатна ( $\text{CO}_2^- + \text{HCO}_3^-$ ) лужність, органічна лужність, боратна лужність, силікатна лужність, сульфідна лужність 3. Залишковий карбонат натрію Щобщ-(Ca+Mg), ммоль екв/100 г ґрунту, ммоль екв/л, [мг-екв/100 г ґрунту]
Ступінь	1. Концентрація солей в ґрунтових розчинах і ґрунтових

<p>засолення ґрунтів і мінералізація ґрунтових вод</p>	<p>водах, мг/ л, г/л</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Щільний або сухий залишок (метод водних витяжок), %</li> <li>Сума солей (метод водних витяжок), %</li> <li>Сума токсичних солей (метод водних витяжок), %</li> <li>Вміст окремих іонів, моль екв / 100 г ґрунту, ммоль екв/л, [мгекв/100 г ґрунту]</li> <li>Активність окремих іонів, ра (рNa, рС1 та інш.)</li> <li>Електропровідність фільтратів з насичених водою ґрунтових паст (ЕС), мСм/см, дСм/м [мм / см]</li> <li>Запас легкорозчинних солей в шарі ґрунту, т/га, кг / м<sup>2</sup></li> <li>Показник сезонної акумуляції солей</li> </ol>
<p>Солонцеватість ґрунтів</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Морфологічні ознаки (структура і ступінь вираженості солонцювого горизонту)</li> <li>Потужність надсолонцювого горизонту, см</li> <li>Вміст обмінного натрію моль (+)/100 г ґрунту [мг-екв/100 г ґрунту]</li> <li>Частка ( % ) обмінного натрію від ЄКО, % або від суми обмінних катіонів</li> <li>SAR-показник адсорбованого натрію ґрунтового розчину або фільтрату з водонасиченої пасти або зрошувальної води( знаходять розрахунковим шляхом), одиниці SAR</li> </ol>
<p>Гипсоносність ґрунтів</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Верхня межа залягання гіпсу, см</li> <li>Глибина залягання горизонту максимального скупчення гіпсу, см</li> <li>Зміст гіпсу в ґрунтових горизонтах (розподіл гіпсу в ґрунтовому профілі), %</li> <li>Запас гіпсу в шарі ґрунту, т / га</li> <li>Форми гіпсових новоутворень</li> </ol>
<p>Карбонатність</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Верхня межа залягання карбонатів, см</li> </ol>



грунтів	2. Глибина залягання горизонту максимального скупчення карбонатів, см 3. Вміст карбонатів у ґрунтових горизонтах (розподіл карбонатів у ґрунтовому профілі), % 4. Запас карбонатів в шарі ґрунту, т / га 5. Форми карбонатних новоутворень
---------	---

СКО - Ємність катіонного обміну показує здатність ґрунту залучати та утримувати катіони (елементи з позитивними зарядами, такі як калій, кальцій, магній, натрій та водень) в місцях обміну, присутніх у ґрунті та частинках органічної речовини в ґрунті.

SAR - абсорбирующий коэффициент натрия

Розрізняють такі цикли соленакопичення, що ведуть до формуванню засолених ґрунтів:

- Континентальні цикли, пов'язані з рухом, перерозподілом і акумуляцією карбонатів, сульфатів, хлоридів, нітратів, лугів і лужних земель на великих континентальних рівнинах, депресіях і низовинах суші.

- Приморські цикли пов'язані з акумуляцією морських солей, в основному хлоридів натрію, на приморських рівнинах, уздовж низьких приливних берегів, мілководних заток, лагун, відчленованих приморських озер.

- Дельтові цикли характеризуються складним поєднанням перенесення і відкладення солей, принесених з континенту річками і долинно-дельтовими підземними водами, а також солей, принесених з моря припливами, нагінними вітрами і т. д.

- Артезіанські цикли пов'язані з виходом висхідних розчинів солей на поверхню по тектонічних тріщинах, розломах, через зруйновані структури (грязьові вулкани і грифони Каспійського регіону) у великі і глибокі континентальні западини (Африканський рифт, депресії Устюрта в Азії) або западини вздовж контактних розломів між гірськими системами і прилеглими рівнинами (Скелясті гори, Тянь-Шань, Кавказ).

- Антропогенні цикли пов'язані з нераціональною діяльністю людини. Джерелами надходження солей в ґрунти служать гірські породи, ґрунтові води, еоловий перенесення солей з моря на сушу, атмосферні опади, розкладання рослинності, неефективне зрошення.

Основне джерело утворення солей в ґрунті-процес вивітрювання гірських порід з подальшим перерозподілом солей під дією поверхневих вод і їх акумуляцією в ґрунтах знижених елементів рельєфу. При вивітрюванні гірських порід утворюються хлориди, сульфати, нітрати, силікати і особливо багато карбонатів (за рахунок взаємодії з  $\text{CO}_2$  повітря).

Засолення ґрунтів може відбуватися під впливом тектонічних підняттях, коли соленосні породи виходять на поверхню. Крім цього можливе вторинне розчинення солей почвоутворювальних підстилаючих порід прісними ґрунтовими водами, а також їх перенесення і акумуляція в горизонти ґрунтового профілю.

Засолення може бути викликане еоловим перенесенням солей з моря на сушу (імпульверізація) у вигляді крапель і твердих аерозолів в басейнах солоних озер, морів і з поверхні солончаків. Таке принесення солей вітром може досягати  $20-30 \text{ т/км}^2$ .

Джерелом солей служать атмосферні опади. Зміст солей в них зазвичай не перевищує  $20-30 \text{ мг/л}$ , але в приморських досягає  $400 \text{ мг/л}$ .

Засолення ґрунтів може відбуватися в процесі розкладання рослинності, особливо галофітної. В цьому випадку звільняються різні мінеральні речовини залишків рослинних і тваринних організмів і продуктів їх життєдіяльності.

Неефективне зрошення (перевищення поливних норм і незадовільний дренаж) служить причиною вторинного засолення ґрунтів.

Зрошувальні води при бездренажному зрошенні в аридному кліматі можуть бути джерелом солей в ґрунті, так як містять та чи інша кількість розчинних солей. Оптимальний вміст солей в поливній воді -  $1 \text{ г/л}$  і менше.



Особливу увагу слід звернути на ґрунтові води, так як вони є безпосереднім джерелом надходження солей в ґрунт внаслідок високої випаровуваності вологи ґрунтом.


Поверхневі і ґрунтові води, що містять легкорозчинні солі, не завжди досягають русла і затримуються на елементах рельєфу з найменшими ухилами. Рівень ґрунтових вод стає близьким до поверхні (1-3 м), в результаті чого відбувається капілярний підйом мінералізованих ґрунтових вода. Вода при цьому швидко випаровується, а мінеральні солі залишаються у верхніх шарах ґрунту, засоляючи їх. Найбільша величина концентрації солей, яка при певній глибині і режимі зрошення не викликає засолення ґрунту, називається критичною мінералізацією природних вод. Критична глибина залежить від механічного складу ґрунту, величини та інтенсивності випаровування.

Пропонуються такі підходи до організації водокористування в сучасних умовах, що забезпечують як економічну ефективність водоподачі на зрошення, так і екологічні обмеження з метою недопущення підтоплення та засолення сільськогосподарських угідь:

1. Розрахунок зрошувальних норм сільсько-господарських культур та їх реалізація при видачі дозволів на спеціальне водокористування при зрошенні;
2. Розрахунок водоподачі, прогноз використання води і режимів зрошення на основі економічних механізмів при річному плануванні;
3. Оперативне планування поливів на основі реалізації водозберігаючих режимів зрошення;
4. Контроль проведення поливів та аналіз використання води господарствами, в тому числі на основі економічних механізмів;
5. Контроль за еколого-меліоративним станом сільськогосподарських угідь.

В сучасних соціально-економічних умовах проведення зрошуваного землеробства основні принципи управління раціональним водокористуванням повинні здійснюватися у відповідності з затвердженою

програмою. На етапі видачі дозволів на спеціальне водокористування для недопущення підтоплення під час зрошення земель сільськогосподарського призначення водокористувачі зобов'язані здійснювати заходи щодо попередження підтоплення, заболочення, засолення та забруднення цих земель. Зрошення сільськогосподарських угідь та скидання дренажних вод в водні об'єкти здійснюється на підставі дозволу на спеціальне водокористування, який видається власнику зрошуваних угідь у встановленому порядку.



# КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



### 3. Розрахунок параметрів підтоплення у зоні впливу систем зрошення

#### 3.1 Вибір схем розрахунку рівня ґрунтових вод

В останні роки повсюдно відзначається збільшення втрат води у всіх ланках комунікацій від точок водозабору до водоспоживачів. Здебільшого це пов'язано з погіршенням технічного стану водогосподарської інфраструктури та неупорядкованим водокористуванням. Втрати води у водопровідній системі включають втрати води на просочування, виток з каналів, евапораційні втрати з каналу та виток у пустотах до рівня ґрунтових вод називають іригаційною інфальтрацією. Її вплив на положення рівня ґрунтових вод залежить від тривалості дії, розміру, інтенсивності та форми зрошувальної ділянки. Інтенсивність сумарно враховує просочування зрошувальних вод через зону аерації і фільтраційні втрати зі зрошувальної мережі. При богарному землеробстві запаси підземних вод поповнюються тільки за рахунок атмосферних опадів. В умовах зрошувального землеробства до них додаються фільтраційні втрати з каналів та при поливах безпосередньо на полях. Це призводить до підйому рівня ґрунтових вод із зміною мінералізації і структури фільтраційного потоку. Величина цих змін залежить від способів зрошення та техніки поливу.

Зрошувальна система – це земельна територія разом із мережею каналів, гідротехнічних і експлуатаційних споруд, які забезпечують забір води з джерела, транспортування і розподіл її для зрошення. Відповідно до основного призначення, до складу регулярно діючої зрошувальної системи входять такі елементи: (рис.3.1) [8]

1. Джерело зрошення (річка, ставок, озеро, підземні води), яке повинне забезпечувати водою зрошуваний масив протягом усього вегетаційного періоду в потрібній кількості і необхідної якості
2. Водозабірна споруда (чи насосна станція), яка подає поливну воду
3. Джерела зрошення в канал чи трубопровід
4. Магістральний канал (МК), який транспортує воду від водозабірної споруди до розподільних трубопроводів різних порядків

5. Міжгосподарські розподільники, які подають воду з магістрального каналу і його розгалужень у господарські розподільники
6. Господарський розподільник, що забезпечує водою господарства
7. Внутрішньогосподарські розподільники, що транспортують воду на сівозмінні ділянки
8. Розподільники, що підводять воду безпосередньо до поля сівозміни чи до поливної ділянки
9. Тимчасові зрошувачі
10. Міжгосподарська і внутрішньогосподарська водозбірно-скидна мережа та колекторно-дренажна мережа, яка перехоплює зливові, скидні і ґрунтові води й відводить їх у водоприймач
11. Дороги, необхідні для здійснення експлуатаційних заходів, підвезення насіння, добрив, вивезення врожаю
12. Гідротехнічні споруди різних типів, конструкцій, розмірів, призначені для регулювання витрат, швидкості й горизонтів води в каналах
13. Лісосмуги, які захищають поля від шкідливої дії вітру, затінюють канали і зменшують втрати води на випаровування
14. Експлуатаційні будівлі, пристрої автоматики, зв'язку.

Втрати води з каналів поділяють на випаровування, на фільтрацію в ґрунти і крізь гідротехнічні споруди на каналах. Найбільшими серед зазначених вважаються втрати води на фільтрацію в ґрунт ложа каналу. Для зрошувальних каналів подібні втрати можуть сягати 50-60 % корисної витрати [224]

Найбільші втрати спостерігаються в земляних виїмкових руслах у початковий період експлуатації магістральних каналів. Фільтраційні втрати з каналів збільшуються після очистки їх від наносів, а потім знову зменшуються в процесі утворення нових намулів. Розміри втрат змінюються також залежно від пори року – збільшуються у теплий період і зменшуються восени і взимку. У спеку протягом дня з водної поверхні каналів випаровується шар води товщиною близько 20 мм. В більшості випадків зони



підвищеної фільтрації розташовані в тілі дамб регулюючих басейнів та магістральних каналів, а дно, як правило, знаходиться у нормальному експлуатаційному стані, що скоріш за все обумовлено кальматацією дефектів. Глинисті частки залічують дефекти та деформаційні шви між плитами. Загальні втрати води у каналі на одиницю довжини визначають як суму втрат на фільтрацію і випаровування.



Рис. 3.1 Елементи регулярно діючої зрошувальної системи (позначення див. текст)

За рахунок фільтраційних потоків з регулюючого басейну і каналів йде поповнення спочатку першого водоносного горизонту – верховодки, а за наявності гідравлічного зв'язку і ґрунтових і напірних горизонтів. Цим можна пояснити постійний підйом рівня верховодки та ґрунтових вод після поливів навколо каналів і регулюючих басейнів зрошувальної системи. [7]

Максимальна витрата води в магістральному каналі визначається із співвідношення:

$$Q_{бр} = Q_{нетто} + Q_{вт}$$

де,  $Q_{бр}$  – максимальна витрата бруто, тобто та, що забирається із джерела зрошення, л/с;

$Q_{нетто}$  – максимальна витрата нетто, л/с, тобто та, що подається безпосередньо на зрошувану ділянку, при цьому:

$$Q_{нетто} = Q_{мак} \cdot F_{нетто}$$

Просочування води, що використовується при зрошенні називають іригаційною водою. Її просочування до гірських порід, ґрунту та її рух по капілярних порах і пустотах до рівня ґрунтових вод є іригаційною інфільтрацією. Вплив на положення рівня ґрунтових вод залежить від її інтенсивності  $\xi$ , тривалості дії  $\Delta t_m$ , форми зрошувальної ділянки та розміру. Величина інтенсивності сумарно враховує інтенсивність просочування зрошувальних вод через фільтраційні втрати зі зрошувальної мережі та зону аерації на даній території. Для визначення використовують формулу:

$$\xi = 10^4 \cdot fM / \Delta t_m$$

Розподіл іригаційної інфільтрації за площею визначається розташуванням розмірами та конфігурацією ділянок (рис.3.2)

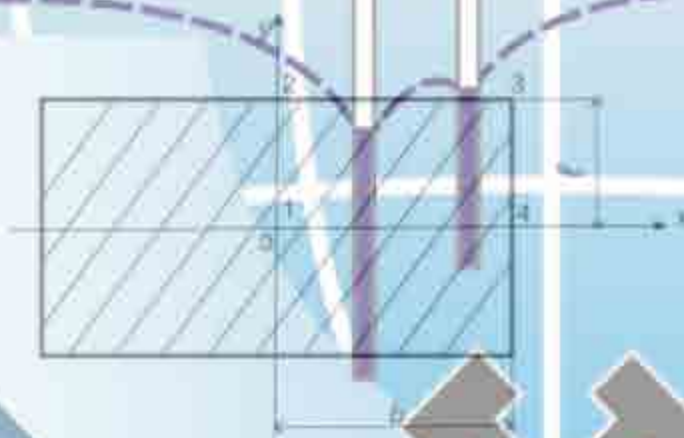


Рис. 3.2. Форма зони іригаційної фільтрації у необмеженому пласті (початок координат поєднаний з центром зрошувальної системи)

Прогнозне збільшення рівня ґрунтових вод розраховується за залежність:

$$\Delta h(x, y, t) = 0,25 \xi t / \mu [I(\eta_{10}, m_1) - I(\eta_{10}, m_2) - I(\zeta_{20}, m_2) - I(\zeta_{20}, m_4)]$$

$x, y$  – координати розрахункової точки планової області (м)

$\xi$  – розрахункова інтенсивність іригаційної інфільтрації (м/доб)

$t$  – тривалість прогнозного періоду (доб)



$\mu$  - коефіцієнт ємності ґрунту у зоні аерації

Величини підйому рівня у точках 1-4 розраховуються по залежності:

$$\Delta h_i(t) = r \xi t \mu^{-1} I(n\lambda, sm)$$

Процес підйому рівня при  $\xi = \text{const}$  не припиняється в часі й може наближатися до верхні землі призводячи до підтоплення території. Для розрахунку  $\Delta h$  в центрі прямокутної ділянки зручно користуватися схемою на рис.3.3



## КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

Рис.3.3. Форма зони іригаційної фільтрації у необмеженому пласті (ділянка у вигляді смуги)

Формула для розрахування:

$$\Delta h(x, t) = 2 \xi t / \mu [i^2 \operatorname{erfc}(\xi_1) - i^2 \operatorname{erfc}(\eta_1)]$$

де  $i^2 \operatorname{erfc}(\lambda)$  – спеціальна функція, яка зазначена у таблиці функцій

Інфільтраційний тип водного живлення поширений переважно навколо великих водойм, а також інших водойм та водотоків, де горизонти води знаходяться в підпорі і відстежується підтоплення прилеглих територій. Для боротьби з підтопленням застосовують спеціальні дренажі та ловильні канали[8]

Оцінку фільтраційних втрат з каналу та регулюючих басейнів зрошувальних систем можна розрахувати за формулою Ведерникова В.В. За цією формулою питомі фільтраційні втрати на 1 м довжини зони фільтрації визначаються по формулі:

$$q = K_{\phi} \cdot (B + A \cdot h_0) \cdot \left(1 + \frac{h_0 + h_k}{\gamma}\right),$$

Зрошувальні канали слугують для транспортування води від місця водозабору до місця поливу. Процес підйому рівня ґрунтових вод на прилеглий до каналу території розвивається в три стадії.

Перша – вільна фільтрація або просочування (рис. 3.4), коли вода рухається вниз через дно та стінки каналу під впливом гравітаційних сил і сил води, породи та повітря. Ця стадія продовжується доки вода, яка рухається з каналу, не досягне верхньої межі капілярної кайми. І стадія – вільна фільтрація або просочування (рис. 3.5). В процесі цієї стадії вода рухається вниз через дно та стінки каналу під впливом гравітаційних сил і сил взаємодії трьох середовищ – «вода – порода – повітря». Ця стадія продовжується до тих пір, поки вода, яка рухається з каналу, не досягне верхньої межі капілярної кайми.



Рисунок 3.4 Перша стадія фільтрації води з каналу

Друга стадія (рис. 3.5) починається з моменту змінення фільтраційного потоку з капілярною каймою або «капілярний скид». Вона продовжується, доки не зникне зона неповного водонасичення між рівнем ґрунтових вод і поверхнею води в каналі. Друга стадія продовжується до тих пір, поки не зникне зона неповного водонасичення між рівнем ґрунтових вод і поверхнею води в каналі. З цього моменту починається третя стадія фільтрації (рис. 3.6) – це розтікання іригаційного бугра. Вона характеризується підвищенням рівня ґрунтових вод на прилеглих територіях.



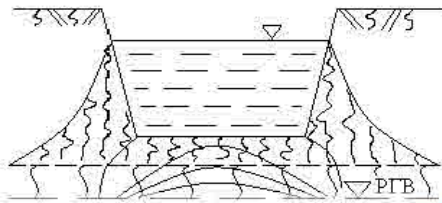


Рисунок 3.5 Друга стадія фільтрації води з каналу

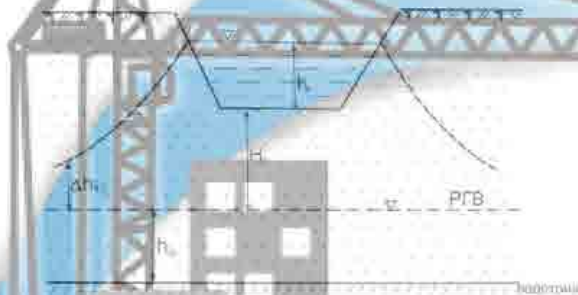


Рисунок 3.6 Третя стадія фільтрації води з каналу

За вищенаведеними параметрами можна визначити фільтраційні втрати з регулюючого басейна по формулі Ведерникова при ширині відкосу в 1 м:

$$q_{\text{ф}} = 0,1 \text{ м}^3/\text{доб} \cdot (7 \text{ м} + 1,7 \cdot 3 \text{ м}) \cdot \left(1 + \frac{3 \text{ м} + 3 \text{ м}}{11 \text{ м}}\right) = 1,87 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

добові фільтраційні втрати з урахуванням зони фільтрації:

$$q_{\text{доб}} = 1,87 \text{ м}^3/\text{доб} \cdot 86,3 \text{ м} = 161,38 \text{ м}^3/\text{доб}$$

місячні фільтраційні втрати:

$$q_{\text{міс}} = 161,38 \text{ м}^3/\text{доб} \cdot 30 \text{ діб} = 4841 \text{ м}^3/\text{міс}$$

Повний об'єм регулюючого басейну – 1 Калинівської зрошувальної системи становить 20 тис. м<sup>3</sup>, а його втрати можуть сягати 2 тис. м<sup>3</sup>. При проектуванні регулюючих басейнів припускаються фільтраційні втрати води в розмірі 10% від його загального об'єму.

Відомо, що найбільші втрати складової водного балансу каналів і регулюючих басейнів зрошувальних систем приходяться на фільтраційні втрати. Але втрати на випаровування з водної поверхні регулюючого басейна є щомісячними і також потребують підрахунків.

Для розрахунку випаровування з водної поверхні регулюючого басейну-1 Калинівської зрошувальної системи використані багаторічні дані

спостережень з метеостанцій м.Дніпро. В основу взято метеорологічні показники, середньомісячну температуру, вологість повітря, швидкість вітру, потужність шару опадів.

Табл.3.1 Природний водний баланс регулюючого басейну Калинівської зрошувальної системи [7]

Басейн, площа дзеркала	Місяць	Випаровування		Надходження		Баланс		тип балансу
		води $E_v$		води, $h$		$h - E_v$		
РБ-1 КЗС		мм/м <sup>2</sup>	мм <sup>3</sup>	мм/м <sup>2</sup>	м <sup>3</sup>	мм/м <sup>2</sup>	м <sup>3</sup>	
	Червень	30,2	166,2	53,0	291,5	22,8	125,5	Приход
	Липень	35,2	193,1	59,3	326,2	44,2	133,1	Приход
	Серпень	64,2	353,1	42,0	231,0	-22,2	-122,1	Витрата

Аналізуючи табл. 3.1 бачимо, що за поливний сезон переважає надходження балансу для регулюючого басейну у об'ємом – 136,5 м<sup>3</sup>. Це свідчить про те, що втрати поливної води на випаровування з водного дзеркала Калинівської зрошувальної системи – незначні, близько 2%.

### 3.2 Розрахункові оцінки рівневого режиму біля регулюючих басейнів та магістральних каналів

Для розрахунків оцінки рівневого режиму було взято два регулюючих басейна у Дніпропетровській області: РБ-1 Калинівська зрошувальна система та РБ-6 Царичанська зрошувальна система. (див. 2.2)

Характер змін гідрогеологічних умов на зрошувальних землях, значною мірою, залежить від геоморфології, літологічного складу четвертинних порід, первісної глибини залягання ґрунтових вод, а також технічного стану дренажів.

За даними моніторингу на РБ-1 КЗС протягом 3-х років рівень ґрунтових вод майже не змінюється, та складає 12,5-13 м. Це свідчить про добру дренаваність території по зонам тріщинуватості в найближчі яри та балки.



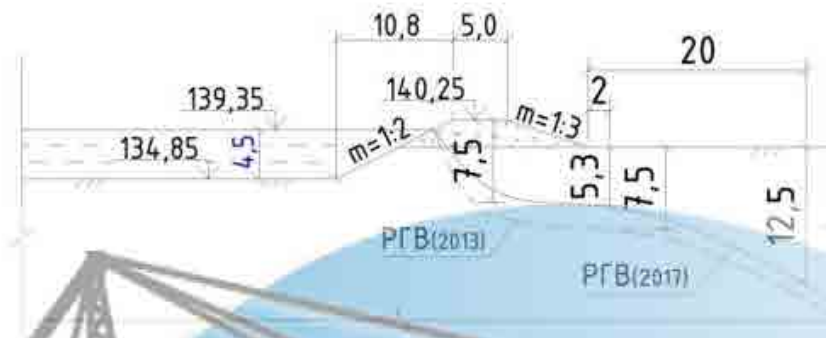


Рис. 3.9. Положення рівня ґрунтових вод на регулюючому басейні РБ-1 КЗС [7]

А от на РБ-6 ЦЗС навпаки зони тріщинуватості фундаменту знаходяться на значній глибині і не є природними дренами для фільтраційних вод регулюючого басейну. Але тут спостерігається кілька водоносних горизонтів типу верховодки та ґрунтових вод, які мають гідравлічний зв'язок. Тому за два роки рівень ґрунтових вод навколо регулюючого басейну піднявся на 1-1,5 м.



Рис. 3.10. Положення рівня ґрунтових вод на регулюючому басейні РБ-6 ЦЗС [7]

Нижче приведені результати дослідно-методичних робіт по встановленню об'ємів фільтраційних втрат води з регулюючих басейнів та магістральних каналів за формулою Ведерникова В.В.

Табл. 3.2 Результати розрахунку фільтраційних втрат з регулюючих басейнів та магістральних каналів за формулою Ведерникова В.В.

Параметри	Значення			Розмірність
	РБ-1 НСП КЗС	РБ-6 ЦЗС	МК-4 СТЗС	
Найменування ГТС	РБ-1 НСП КЗС	РБ-6 ЦЗС	МК-4 СТЗС	
Довжина зони фільтрації відкосу, L	86,3	52		м
Рівень ґрунтових вод	4,5	3,5	4	м
Глибина до водотриву, Y	11	7		м
Довжина від початку відкосу до точки зі сталим рівнем ґрунтових вод, B	7,0	10		м
Коефіцієнт фільтрації для лесовидних суглинків, $K_f$	0,1	0,1	0,1	м/добу
Коефіцієнт бічного розтікання фільтраційного потоку, A	1,7	1,7	1,7	м
Глибина води в регулюючому басейні, $h_0$	4,5	3	4	м
Висота капілярного підйому, $h_k$	3,0			м
Питомі фільтраційні втрати	3,8	3,4		м <sup>2</sup> /добу
Добові фільтраційні втрати	304,4	160	4849	м <sup>3</sup> /добу
Місячні фільтраційні втрати	8626	4800	145484	м <sup>3</sup> /добу



За даними у табл. 3.2 можна змоделювати приблизний підйом рівня ґрунтових вод у басейнах на різний період часу. Було розраховано умовний РГВ за поливний сезон тривалістю 120 діб, протягом року і на багаторічний період. Для розрахунку та моделювання використовувався Mathcad

Табл. 3.3 Дані результатів моделювання рівня ґрунтових вод на РБ-1 КЗС у період 2013 та 2017 роки

2013			2017		
X, м	dНекспер	dНпрозрах	X, м	dНекспер	dНпрозрах
25	12,5	11,6	25	13,0	12,3
38	6,5	4,9	38	7,2	5,9
55	1,2	2,8	55	1,5	2,7

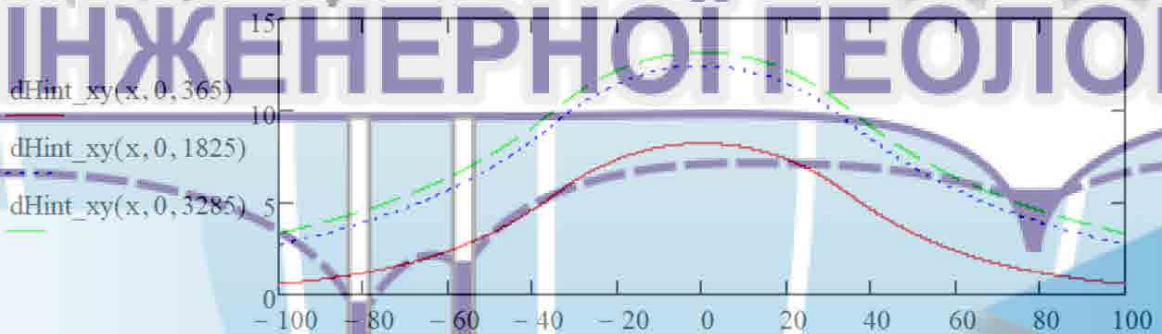


рис. 3.11 Результати розрахунків РГВ в профілі регулюючого басейну РБ-1 КЗС у різні моменти часу: червона лінія - через 1 рік з початку втрат з басейну, синя лінія - 2013 р, зелена лінія - 2017 р.

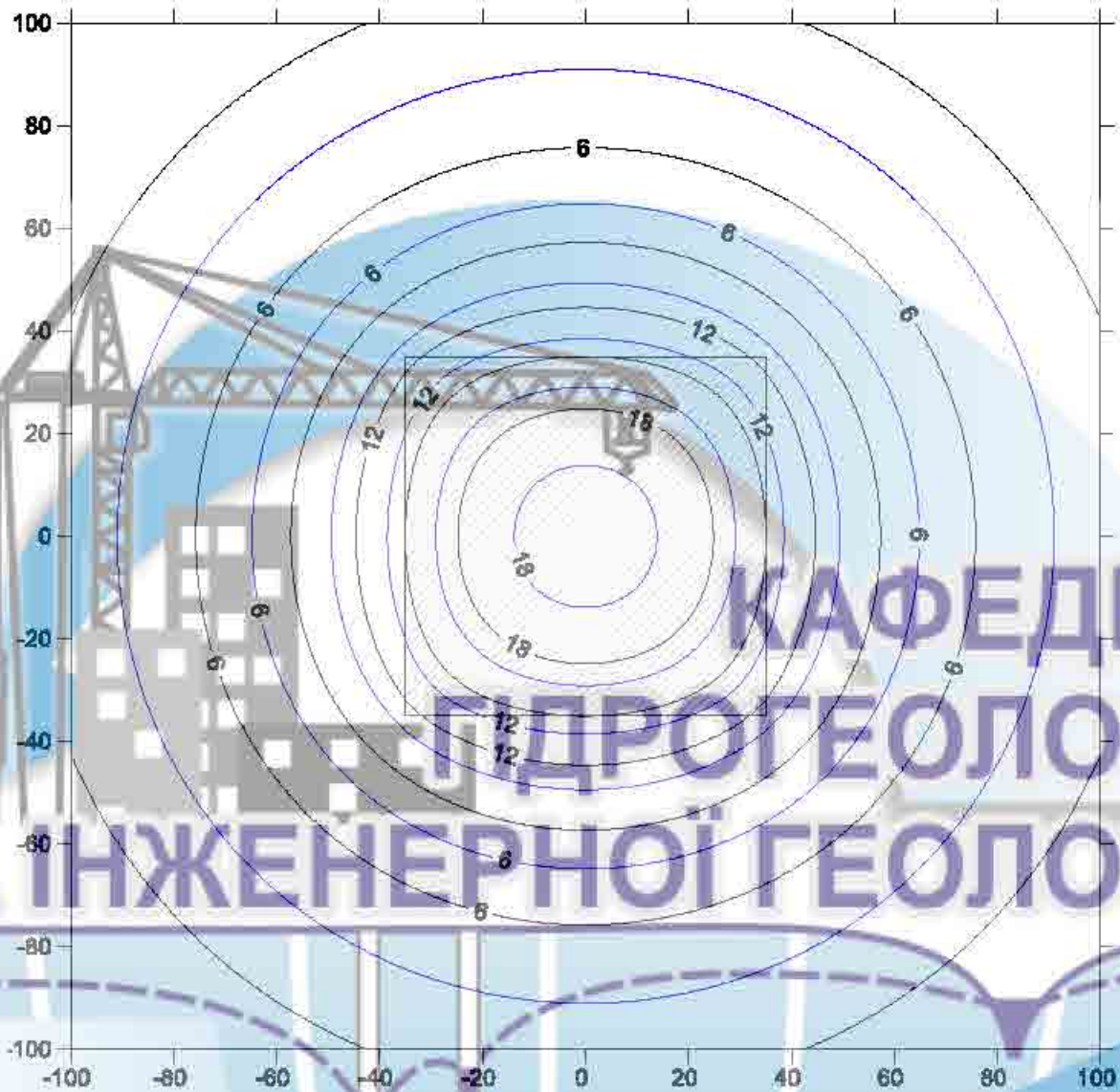


Рис. 3.12 Розрахунок положення рівня підтоплення ґрунтових вод навколо РБ-1 КЗС на період: 2013 р. – синя лінія, 2017 р. – чорна лінія.

Співвідношення ліній на рис 3.12 показує розширення зони підвищення рівня ґрунтових вод з орієнтовною швидкістю просування 10-14 метрів за 4 роки. Можна зробити висновок, що РГВ у басейні з часом стабілізується

Табл. 3.4 Вхідні дані результатів моделювання рівня ґрунтових вод на РБ-6 ЦЗС

X, м	dHекспер	dHрозрах
17,5	7,1	8,4
33	4,3	6,0
42	2,4	4,1



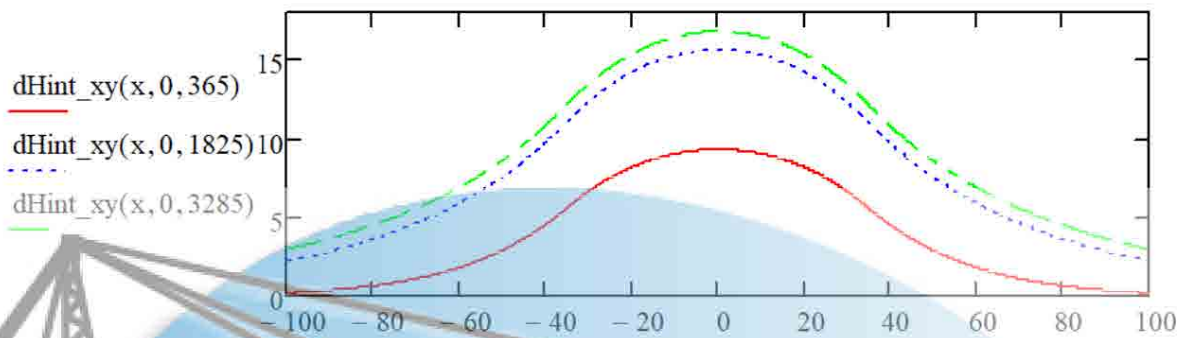


рис. 3.13 Результати розрахунків РГВ в профілі регулюючого басейну РБ-6 ЦЗС у різні моменти часу: червона лінія - через 1 рік з початку втрат з басейну, синя лінія - 2013 р, зелена лінія - 2017 р.

Виходячи з отриманих даних у таблиці 3.3 та 3.4 можна вважати, що дані про рівень ґрунтових вод на регулюючих басейнах є умовними, близькими до реальності.

Порівнюючи схеми та моделі УГВ, було виконано розрахунок сезонних змін у багаторічній перспективі, які відображені на графіках. Отримані результати дають можливість сформулювати наступне:

1. На першому етапі за рахунок фільтраційних потоків з регулюючого басейну йде поповнення спочатку першого водоносного горизонту – верховодки та РГВ, який збільшився в 3 рази, оскільки тривалість сезону склала 4 місяці.
2. Потім стався спад рівня ґрунтових вод на 0.5-2.5 метрів протягом 8ми місяців
3. Поблизу басейну спостерігається імпульсне збільшення РГВ, яке продовжується до тих пір, поки не зникне зона неповного водонасичення між рівнем ґрунтових вод і поверхнею води в басейні. Після чого виникає подальше розтікання фільтраційного «бутра»

Розрахунки фільтраційних втрат проведено також на магістральному каналі МК-4 СТЗС, результати розрахунку наведено у табл.3.2.



рис.3.14 Конструктивні схеми магістрального каналу Солоняно-Томаківської зрошувальної системи: а) – виїмка; б) – напіввиїмка-напівнасип [7]

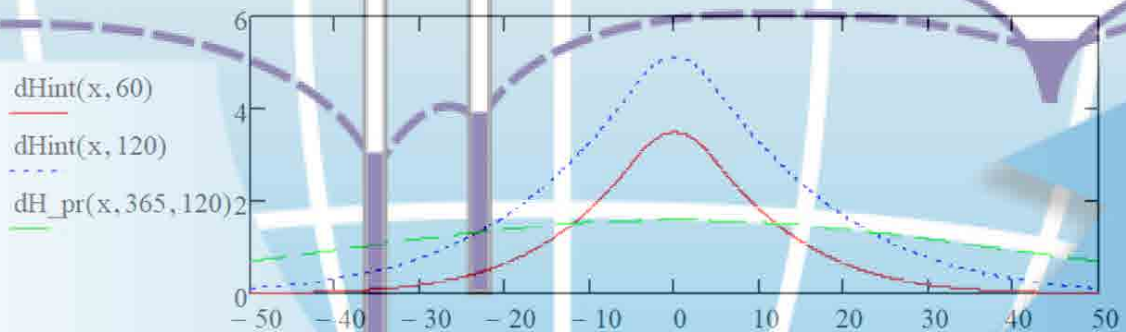


рис. 3.15 Модель зміни рівня ґрунтових вод МК-4 СТЗС у часі

Фільтраційні втрати з каналів та регулюючих басейнів обумовлюють підняття ґрунтових вод на прилеглих до споруд територіях, та можуть призвести в подальшому до їх підтоплення. За даними табл.3.2 добові фільтраційні втрати на РБ-6 ЦЗС сягають

160 м<sup>3</sup>/добу, а на РБ-1 КЗС - 304 м<sup>3</sup>/добу. На початок поливного сезону на РБ-6 ЦЗС глибина залягання рівня коливається від 2,3 до 17 м, а максимальне підняття відбувається поблизу регулюючого басейну і у середньому складає 7 м. На регулюючих басейнах фільтраційні втрати є сезонними та залежать від технічного

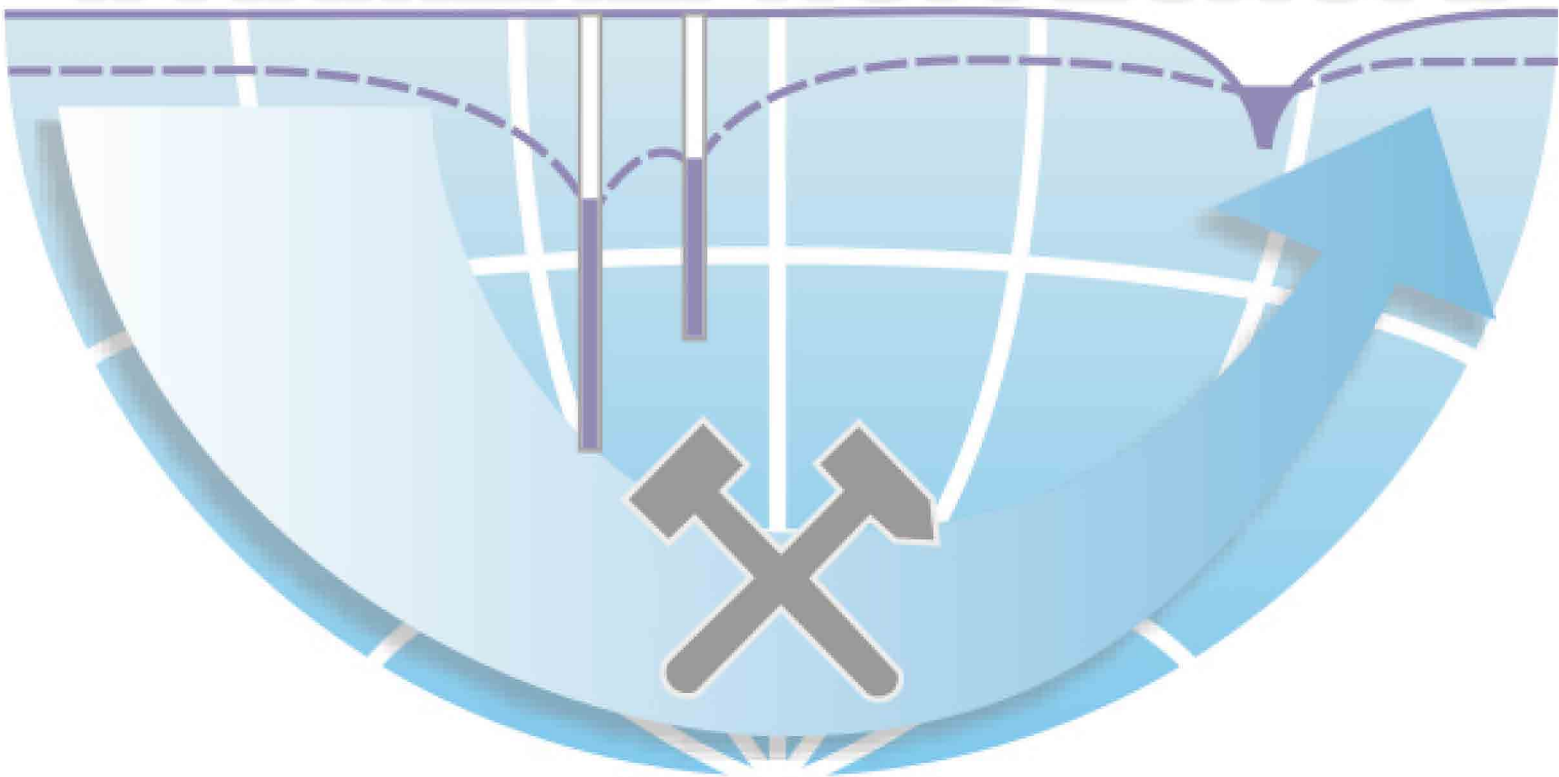


стану басейну та територій. При проектуванні регулюючих басейнів припускаються фільтраційні втрати води в розмірі 10 % від його загального об'єму, а на досліджуваних басейнах втрати сягають 20% - 30%.

У магістральному каналі навпаки, втрати не такі великі, але є і винятки, які залежать від технічного стану. У зв'язку з довжиною каналу, можуть утворюватися нерівномірності фільтраційних втрат в деяких точках, де буде підйом рівня ґрунтових вод значно більший, ніж на регулюючих басейнах.

На сьогодні більшої уваги приділяється питанням фільтраційних втрат з магістральних каналів [7], аніж з регулюючих басейнів внаслідок їх значно менших об'ємів. Незважаючи на подібність конструктивних рішень дамби регулюючих басейнів і каналів є вагома відмінність, яку слід враховувати при детальних аналітичних дослідженнях фільтраційних втрат з каналів та РБ ЗС: різний рух води в спорудах, що обумовлено призначенням – накопичувати і транспортувати відповідно.

## КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



## Висновки

1. Проблема розвитку засолення на зрошуваних територіях в Україні та світі становить загрозу сільськогосподарському виробництву на кліматичних змін, які суттєво впливають на розвиток цих процесів. Засолені та осолонцьовані ґрунти в Україні займають загальну площу 3,9 млн. га (6,3% від загальної площі країни), що є часто результатом невідповідного зрошування. Це потребує більш детального вивчення процесів підтоплення для обґрунтування заходів з попередження проявів та наслідків засолення ґрунтів.

2. Переважна частина фільтраційних втрат відбувається з регулюючих басейнів та магістральних каналів зрошувальних систем при транспортуванні води від місця водозабору до місця поливу. Втрати води спричиняють додаткове живлення ґрунтових вод і підйом їх рівня, що відзначається для всіх зрошувальних систем в Україні, у тому числі в Дніпропетровській області. Під впливом зрошення змінюється водно-сольовий баланс як на зрошуваних територіях, так і на оточуючих землях. Тому при проектуванні систем зрошення прогноз рівня ґрунтових вод є обов'язковим.

3. На основі аналізу водно-сольового режиму на зрошуваних територіях встановлено, що вплив зрошення на режим і баланс ґрунтових вод тим більше, чим більша питома вага іригаційного живлення в балансі ґрунтових вод і чим менше природна дренажність земель. Близько 15% зрошуваних земель в Україні знаходиться у несприятливому меліоративному стані; це головним чином землі, підтоплені та засолені в результаті підйому рівня ґрунтових вод під впливом зрошення при недостатньо ефективній роботі горизонтального дренажу.

4. Незадовільний технічний стан тих чи інших вузлів зрошувальної системи призводить до суттєвих фільтраційних втрат, що обумовлює підйом ґрунтових вод на прилеглих територіях і розвиток підтоплення. Даний екзогенний геологічний процес на сьогодні є одним з найбільш поширених.



5. Найбільшими серед втрат води з систем зрошення переважно є втрати води на фільтрацію в ґрунт з ложа каналу та регулюючих басейнів. За рахунок фільтраційних потоків йде поповнення насамперед верхнього водоносного горизонту. Для оцінки фільтраційних втрат з магістрального каналу та регулюючих басейнів для реальних об'єктів у Дніпропетровській області в роботі використані дані водного балансу і формули Ведерникова В.В.

6. Для розрахунку підйому рівня ґрунтових вод в зоні впливу систем зрошення були обрані формули розтікання фільтраційних «бугорів» під дією площинних та лінійних джерел, схеми яких відповідають реальним умовам та розмірам регулюючих басейнів та магістральних каналів.

7. Згідно з виконаними розрахунками встановлена достатня збіжність розрахованого рівня ґрунтових вод з фактичними значеннями для регулюючих басейнів Калинівської та Царичанської зрошувальних систем, оціненими за даними геофізичних досліджень у 2013 та 2017 рр. Виконані прогнозні розрахунки підвищення рівня ґрунтових вод навколо магістральних каналів для умов зрошувальних систем у Дніпропетровській області з урахуванням періодичного впливу втрат води протягом поливного сезону та протягом тривалого періоду; результати розрахунків узгоджуються з фактичними даними.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудаков Д.В., Перкова Т.І. Проведення гідрогеологічних та інженерно-геологічних розрахунків у середовищі MathCad. Методичні вказівки. Державний ВНЗ «НГУ», 2014. – 24 с.
2. Казакова Л.А. Комплексная мелиорация орош.- [Книга]. - Волгоград : [б.н.], 2007.
3. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2011 році. [Отчет]. - [б.м.] : К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, LAT & K., 2012.
4. М.Л. Булава Фізична географія України [Книга]. - [б.м.] : Ранок, 2008.
5. Мазур А.М. Абрамович Ю.В. Гидрогеолого-мелиоративном мониторинге Фрунзенской оросительной системе [Отчет]. - Днепропетровск : [б.н.], 2007.
6. Гавич И.К. Гидро-Геодинамика [Книга]. - Москва : Недра, 1988.
7. І.В. Чушкіна. Комплексна оцінка зон фільтрації води с регулюючих басейнів та каналів зрошувальних систем [Дисертація]. – Київ, 2020
8. Меліоративна гідрогеологія, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/1306/7/GopchenkoED\\_KichukNS\\_Meliorativna\\_gidrologiya\\_KL\\_2016.pdf.pdf](http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/1306/7/GopchenkoED_KichukNS_Meliorativna_gidrologiya_KL_2016.pdf.pdf)
9. Інженерний захист міських територій, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1784/1/03-04-029.pdf>
10. Меліоративна гідрогеологія, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-meliorativnaya-gidrogeologiya.pdf>
11. Котович И. Г. Довгалюк А. В. ПРОБЛЕМА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ УКРАИНЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ИХ МЕЛИОРАЦИИ [Статья] // Гос.уч. «ГНИ и ПИОХ», г. Харьков, НГУ им. О. Гончара, г. Днепропетровск, Украина. - 2013 г.



12. Євграфікіна Г.П., Войцеховська В.В. Гідрогеологія та основи гідромеліорації: Навч. посіб. Дніпропетровськ, 2010
13. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос, 1978. – 288 с.
14. Аверьянов С.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод [Текст] / С.Ф. Аверьянов. – М.: Колос, 1982.
15. О.О. Подвігіна, А.М. Загриценко. – Д.: ДВНЗ Національний гірничий університет, 2014. – 19 с.
16. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти: Підручник / В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, О.О. Петраков, О.В. Солодянкін, В.Г. Шаповал, О.М. Шашенко, С.В. Біда. – Дніпропетровськ: «Пороги», 2014. – 231 с.,
17. СНиП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства.



КАФЕДРА  
ГІДРОГЕОЛОГІЇ  
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи бакалавра

студентки групи 103-18-2

(шифр групи)

Дубинської Олександри В'ячеславівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Назва роботи: «Особливості водно-сольового режиму зрошуваних територій в Дніпропетровській області та прогноз процесів підтоплення»

Науковий керівник проф. Рудаков Д.В.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

plag.com.ua	Оригінальність, %	68
	Подібність, %	32
	Неправильні цитування, %	0

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховання недобросовісних запозичень.

Науковий керівник

проф. Рудаков Д.В.

Нормоконтролер

доц. Загриценко А.М.

Зав. кафедри

проф. Рудаков Д.В.

\_\_\_\_\_ (дата)