

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: «ОЦІНКА ЯКІСНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ
ЗОНИ ТРИЩИНУВАТОСТІ ПОРІД АРХЕЮ-ПРОТЕРОЗОЮ У БАСЕЙНІ Р.ДНІПРА»**

Виконав



студент 4-го курсу
кафедри гідрогеології та інженерної геології
Ярослав КРАДОЖОН

Науковий керівник



асистент, кандидат геолого-мінералогічних наук
Наталія ЛЮТА

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.....	5
1.1. Географічний опис	5
1.2. Клімат.....	7
1.3. Рельєф.....	8
1.4. Ґрунти	8
1.6. Гідрографічна мережа	9
1.7. Геологічна будова.....	10
РОЗДІЛ 2. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ.....	15
2.1. Характеристика водоносних горизонтів і комплексів	15
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
3.1. Методика досліджень.....	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
4.1. Оцінка якісного стану підземних вод водоносного горизонту зони тріщинуватості порід архею-протерозою у басейні р.Дніпра.....	36
4.1.1. Захищеність підземних вод	37
4.1.2. Аналіз хімічного складу атмосферних вод.....	37
4.1.3. Аналіз хімічного складу поверхневих і ґрунтових вод.....	40
4.1.4. Аналіз просторового поширення вод з різною мінералізацією та хімічним складом	42
4.1.5. Зміни якісного складу підземних вод у часі.....	51
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	60

ВСТУП

Актуальність теми. Вода є життєво необхідним ресурсом і її нестача або низька якість може бути загрозою самому існуванню людства. В Україні ресурси підземних вод розподілені вкрай нерівномірно. Територія Українського щита є однією з найбільш проблемних щодо забезпеченості ресурсами підземних вод.

Упродовж останніх десятиріч в Україні встановилася стійка тенденція зменшення видобутку підземних вод і водночас суттєвого збільшення поверхневих вод у водопостачанні населення. Використання балансових експлуатаційних запасів підземних вод в межах Гідрогеологічної області Українського щита (ГОУЩ) в останні роки становить близько 4%. В той же час досвід останніх років засвідчує нагальну потребу диверсифікації водопостачання, його забезпечення з різних джерел. Необхідність відновлення видобутку підземних вод обумовлює потребу вивчення якісного стану, врахування особливостей просторового розподілу підземних вод різної мінералізації та хімічного складу.

Метою дослідження є вивчення якісного стану підземних вод у тріщинуватій зоні кристалічних порід архею-протерозою, встановлення чинників формування хімічного складу підземних вод та особливостей просторового розподілу вод різної мінералізації та макрокомпонентного складу.

Досягнення поставленої мети роботи було реалізовано шляхом виконання таких завдань:

- Збір та узагальнення даних щодо природних умов досліджуваної території, які визначають умови формування підземних вод;

- Збір, аналіз та узагальнення інформації щодо мінералізації та хімічного складу підземних вод досліджуваного водоносного горизонту в межах експлуатаційних ділянок, порівняння з чинними нормативами якості питних вод;

- Збір та обробка даних щодо хімічного складу атмосферних опадів на досліджуваній та прилеглій території;

- Побудова та опис карти-схеми поширення підземних вод з різною мінералізацією та хімічним складом.

Об'єктом досліджень є водоносний горизонт зони тріщинуватості порід архею-протерозою у басейні р. Дніпра.

Предмет досліджень – якісний стан підземних вод водоносного горизонту зони тріщинуватості порід архею-протерозою у басейні р. Дніпра. Основні оціночні параметри – мінералізація та макрокомпонентний підземних вод.

Апробація результатів роботи. Основні результати дослідження доповідалися та обговорювались на XIII Всеукраїнській молодіжній науковій конференції «Сучасні проблеми наук про Землю», яка проходила 12–14 квітня 2023 р.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ

1.1. Географічний опис

Річка Дніпро є однією з найбільших річок в Європі і має значні географічні параметри. Згідно з *(Кравчук, 2011)*, її загальна довжина становить 2 201 км, а площа басейну складає 504 тис. км². Басейн Дніпра є транскордонним (Рис. 1.1), причому 57% його площі знаходиться в Україні, 23% – в Білорусі та 20% – в Росії. Річка починається на висоті 252 м над рівнем моря, а різниця у висоті між її витоком і гирлом становить 220 м. *(Василенко та Кошкіна, 2019)*



Рис.1.1 Річковий басейн Дніпра (План управління річковим басейном Дніпра, 2021)

Дніпро має спокійну і повільну течію, численні мілини, острови, перекати і протоки. Вона має звивисте русло та утворює річкові рукави. Ширина долини Дніпра може досягати до 18 км, заплави – до 12 км, а площа дельти становить 350 км².

Щодо живлення річки, воно є змішаним і включає дощову, снігову та підземну воду. Верхня частина басейну, де випадає багато опадів і випаровування невелике, забезпечує майже 80% річного стоку. Водний режим Дніпра визначається весняною повінню, низькою літньою меженню з періодичними літніми паводками, регулярним підняттям рівня води восени та зимовою меженню. *(План управління річковим басейном Дніпра, 2021)*

Україна має значну частку Дніпра у своїх межах. Згідно з *(Василенко та Кошкіна, 2019)*, довжина Дніпра на території України становить 1 121 км, а площа його басейну складає 296,317 тис. км², що становить 48% загальної площі країни. Басейн Дніпра охоплює 19 областей України та їх 281 адміністративний район. До басейну Дніпра цілком входять території 6 областей: Дніпропетровської, Житомирської, Чернігівської, Сумської, Полтавської та Рівненської.

Дослідження виконувалися в межах поширення водоносного горизонту зони тріщинуватості порід архею-протерозою у басейні р.Дніпра – на території Київської, Черкаської, Запорізької, Миколаївської, Кіровоградської, Донецької, Дніпропетровської, Житомирської, Вінницької, Рівненської та Хмельницької областей (Рис.1.2)

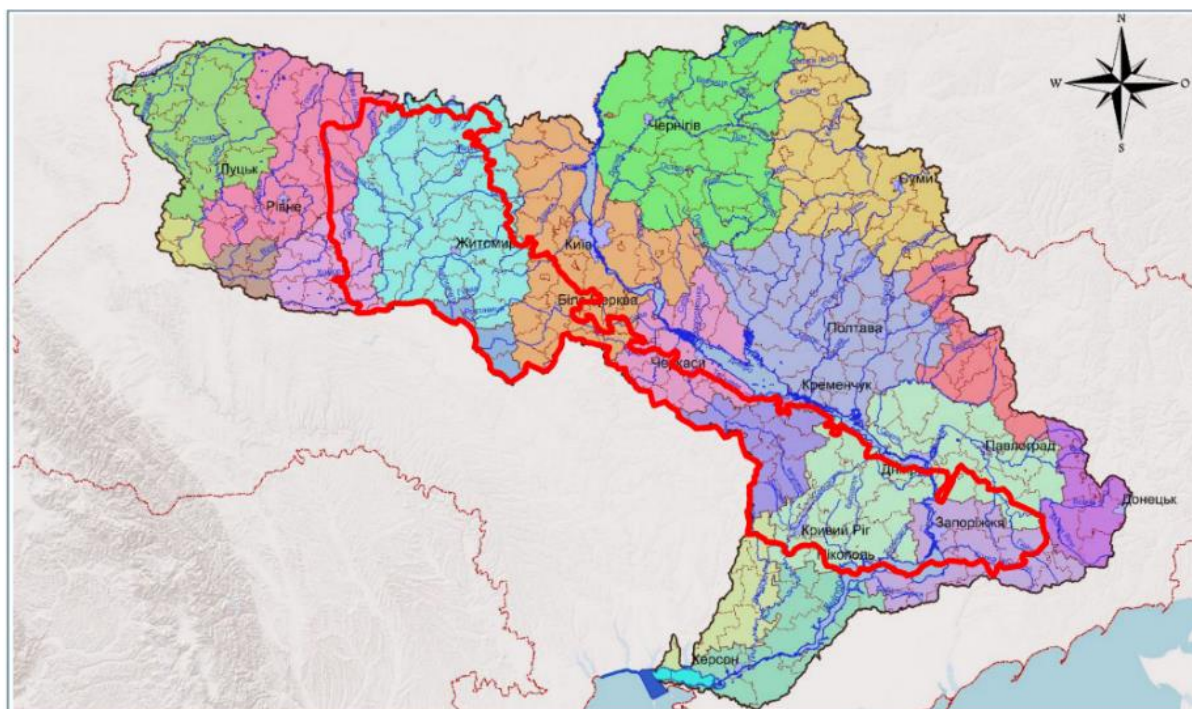


Рис.1.2 Адміністративний поділ басейну р.Дніпра та ділянка дослідження.

Змінено на основі (Гошовський та ін., 2019)

1.2. Клімат

Клімат на території басейну р.Дніпра помірний континентальний. (Гошовський та ін., 2019) Кліматичні умови в басейні Дніпра значно впливають на економіку та життя населення в цьому регіоні.

Літо в басейні Дніпра триває зазвичай з квітня до вересня. Температури в літній період можуть досягати 25-30° С, але іноді можуть бути і вище. Влітку також часто спостерігаються грози та дощі.

Осінь в басейні Дніпра характеризується прохолодними ночами та теплими днями. Температура в серпні та вересні зазвичай коливається від 10° С до 20° С. В осінній період можна спостерігати також часті дощі та тумани.

Зима в басейні Дніпра досить холодна та суха. Температури зазвичай коливаються від -5° С до -15° С, але можуть бути і нижче. Взимку також часто спостерігається снігопад та заморозки.

Весна в басейні Дніпра характеризується підйомом температур та збільшенням кількості опадів. Температури в квітні та травні зазвичай коливаються від 10° С до 20° С. Весною також можна спостерігати часті дощі та грози.

Крім того, в басейні річки Дніпро можна виділити північну та південну зони, які мають певні відмінності в кліматичних умовах. Наприклад, північна зона має більш помірний клімат з вологими літами та сухими зимами, тоді як південна зона має спекотні літа та помірно прохолодні зими з більш низькою вологістю повітря.

Важливою особливістю клімату басейну Дніпра є також вітрові режими. Зокрема, взимку та навесні часто дмуть західні вітри, які приносять теплу та вологу погоду. Літом найбільш поширеними вітрами є східні та південні, які можуть приносити дощі та грози. Осінніми та зимовими вітрами є північні, які дуже часто сухі та холодні.

У зв'язку зі змінами клімату в світі, в басейні Дніпра також можна спостерігати деякі зміни у кліматичних умовах. Наприклад, збільшення кількості екстремальних погодних явищ, таких як сильні дощі, грози та заморозки, а також зменшення кількості снігу взимку та весною.

1.3. Рельєф

Поліська низовина розташована у північно-західній частині басейну річки Дніпро. Більшість її території має рівнинний рельєф з висотами від 150 до 200 м, за винятком Овруцького кряжу, де висоти перевищують 300 м. На півдні Поліської низовини розташовані Подільська і Волинська височини. На північному заході Подільської височини знаходяться Вороняки та Кременецькі гори, їх висота перевищує 400 м, і звідси починаються річки Горинь, Стир та інші. На південний схід від Подільської височини розташовується Придніпровська височина, з якої витікають річки Гуйва, Тетерів, Роставиця, Снивода. Висоти від 270 до 321 м зростають із півночі на південний схід. На південному сході, Придніпровська низовина межує з Приазовською височиною, при цьому найвища точка останньої досягає висоти 324 м. У південній частині басейну річки Дніпро розташована Причорноморська низовина, її поверхня плавно спускається з півночі на південь, з висоти 100-120 м практично до рівня моря. *(Василенко та Кошкіна, 2019)*

1.4. Ґрунти

Територія басейну Дніпра охоплює два ґрунтово-біокліматичних пояси Європи: помірно-холодний з зоною Полісся та помірний з природними зонами Лісостепу та Степу.

У цих зонах знаходяться різні типи ґрунтів, що є характерними для кожної зони. В межах басейну Дніпра основними ґрунтами у зоні Полісся є дернові, дерново-підзолисті та дерново-карбонатні ґрунти.

У зоні Лісостепу ґрунтовий покрив переважно складають сірі лісові ґрунти (від ясно- до темно-сірих), а також зустрічаються типові чорноземи, опідзолені чорноземи та лучно-чорноземні ґрунти.

На півночі Степової зони головними є звичайні чорноземи, а на півдні – південні чорноземи.

В річкових долинах Полісся та Західного Лісостепу сформувалися болотні, торфові та алювіальні ґрунти. На заплавах і надзаплавних терасах річок поширені лучні глейові, лучно-болотні, болотні і мулувато-болотні мінеральні ґрунти. У Лісостепу та Степу можна зустріти солончаки та солонцюваті ґрунти. *(План управління річковим басейном Дніпра, 2021)*

1.6. Гідрографічна мережа

У межах басейну річки Дніпро визначаються п'ять суббасейнів (Рис. 1.3). Усього в басейні Дніпра в Україні є 15 424 річки, загальна їхня довжина становить 78 632 км, що складає близько 24% всієї території країни. Загалом, в цьому басейні є 604 малі річки, довжина яких перевищує 10 км, 615 середніх річок (20 тис.км), 66 великих річок (8,5 тис.км) та 14 дуже великих річок (7,3 тис.км). Крім того, існує 14 081 дуже маленька річка з довжиною менше 10 км та площею водозбору менше 10 км², загальна довжина яких складає 23,3 тис.км. Таким чином, ці дуже маленькі річки становлять понад 90% річкової мережі Дніпра. Найбільшими притоками є Прип'ять з правого боку та Десна з лівого боку. За площею водозбору, малі та середні річки займають 47% території, великі річки – 5%, а дуже великі – 1%. *(Василенко та Кошкіна, 2019)* Досліджувана територія охоплює три суббасейни – Прип'яті, Середнього та Нижнього Дніпра.

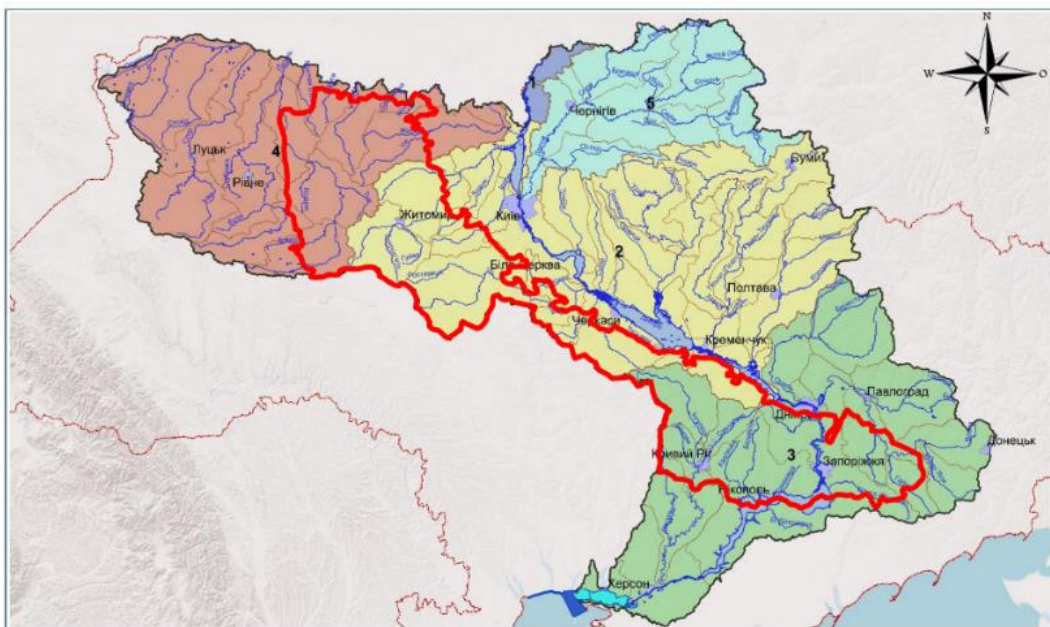


Рис.1.3 Суббасейни та водогосподарські ділянки басейну Дніпра та ділянка дослідження. Змінено на основі (Гошовський та ін., 2019)

Озера. В басейні Дніпра можна знайти значну кількість озер, але вони мають невеликі розміри. Більшість озер є заплавними за походженням. Найбільше їх зосереджено в гирлі Дніпра, наприклад, такі озера, як Безмен і Біле. Однак, вони, головним чином, характеризуються невеликою глибиною. Крім того, в басейні також розташовані озера льодовикового та карстового походження. *(Василенко та Кошкіна, 2019)*

Штучні водні об'єкти. На сьогоднішній день, річка Дніпро утворює каскад із шести водосховищ, а саме: Кам'янського, Каховського, Київського, Кременчуцького, Канівського, Дніпровського. Загальна площа водної поверхні у цьому каскаді становить 6 888 км², а об'єм води складає 43,71 км³. Крім водосховищ, на річці Дніпро та її притоках було створено численні великі гідротехнічні споруди. Крім каскаду водосховищ, до цих споруд входять канали і водопроводи. Серед найбільших каналів, які транспортують воду на значні відстані, в тому числі за межі басейну Дніпра, можна виділити канали Дніпро-Інгулець, Дніпро-Донбас, Північно-Кримський, Дніпро-Кривий Ріг та Головний Каховський магістральний канал. *(Василенко та Кошкіна, 2019)*

1.7. Геологічна будова

Територія Українського щита (УЩ) має двоповерхову геологічну структуру, яка складається з кристалічного фундаменту – давніх порід архею-протерозою, а також з малопотужного осадового чохла, який формувався в епоху кайнозою, а в меншій мірі – мезозою.

АРХЕЙ-ПРОТЕРОЗОЙ (AR-PR)

Територія УЩ є бриловим підняттям фундаменту, яке простягається на 1000 км від північного заходу до південного сходу, зі шириною приблизно 250 км. Визначено умовну межу щита, якою є ізолінія глибини залягання кристалічних порід на відстані 300 м від поверхні. У структурі щита виділяються мегаблоки, такі

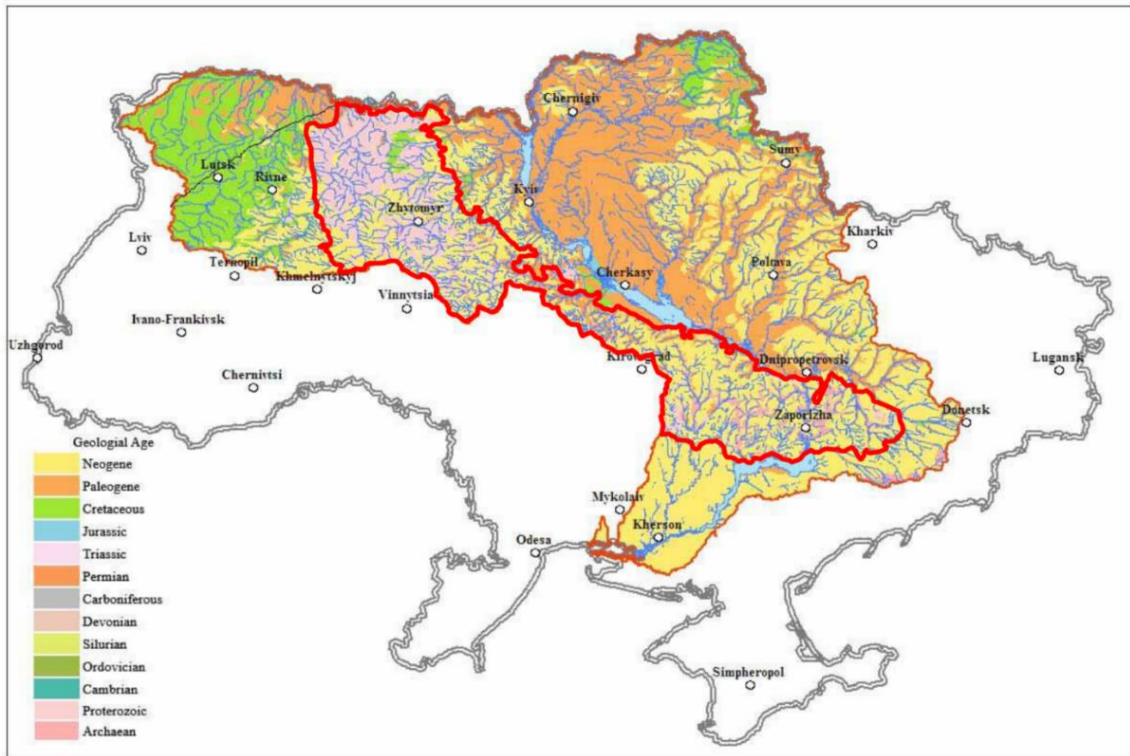


Рис.1.5 Геологічна будова території басейну Дніпра та ділянка дослідження.

Змінено на основі (Гошовський та ін., 2019)

Мезозой (МЗ) Юрська та Крейдова системи

У межах УЩ осадові відклади юрської системи переважно поширені у депресіях кристалічного фундаменту. Вони складаються з пісків, глин і алевролітів, які іноді містять прошарки бурого вугілля та вторинних каолінів. Утворення крейдового періоду більш широко поширені і найчастіше лежать на кристалічних породах і корі їхнього вивітрювання. Вони складаються з різнозернистих пісків, іноді з глауконітом і вуглистими включеннями, та містять прошарки вторинних каолінів. (Костенко, 2015)

Кайнозой (КЗ)

Палеогенова система (Р)

На досліджуваній території переважають відклади палеогенової системи, які зазвичай зустрічаються на території суббасейнів Середнього і Нижнього Дніпра, як на межиріччях, так і в заглибленнях кристалічного фундаменту. Ці відклади містять кварцові піски з глауконітом, дрібнозернисті глинисті піски, слабо вуглецеві піски

еоценового віку та еоцен-олігоценіві алеврити та піски глауконіт-кварцові, дрібнозернисті, з домішками пісковиків, алевролітів та глин, загальна потужність яких становить до 50 м. (*Костенко, 2015*)

Неогенова система (N)

На досліджуваній території неогенові відклади є більш поширеними на півдні. Зазвичай, це глини сарматського віку з домішками пісків, рідше – пісків дрібної зернистості та вапняків різної товщини. На Поліссі їх зустрічають рідко, але товщина може досягати 20 м, і включати пісковики та глини. У суббасейні Нижнього Дніпра неогенові відклади є майже усюди наявними, і складаються з червоно-бурострокатих глин та важких суглинків до 30 м в товщину, з пісками та вапняками в товщині близько 9 м. (*Костенко, 2015*)

Четвертинна система (Q)

На півночі території УЩ, що належить до моренно-зандрової рівнини Полісся (суббасейн Прип'яті), майже всюди можна знайти водно-льодовикові четвертинні відклади. Ці відклади складаються з різнозернистих пісків, переважно дрібнозернистих, але іноді зустрічаються середньозернисті або крупнозернисті, і містять гравій і гальку корінних порід. Також вони містять прошарки супісків, суглинків та глин, що можуть бути до 30 м товщиною. У заплавах та надзаплавних терасах Дніпра та його притоків, зокрема, можна знайти алювіальні піски дрібно- та середньозернисті, а також прошарки супісків і суглинків у верхній частині розрізу та гравію та гальки корінних порід у нижній частині.

У суббасейні Середнього Дніпра відклади четвертинного періоду складаються головним чином з різнозернистих пісків, що формувалися в результаті водно-льодовикових, льодовикових та озерно-льодовикових процесів. Вони містять прошарки супісків, суглинків у нижній частині розрізу та еолово-делювіальних суглинків, супісків та лесоподібних суглинків у верхній частині. Їхня потужність може досягати 30 м.

У суббасейні Нижнього Дніпра на території УЩ поширені четвертинні відклади еолово-делювіального походження, що складаються з суглинків, супісків, лесоподібних суглинків та глин. Їхня потужність може досягати від 2 до 40 м. (Костенко, 2015)

РОЗДІЛ 2. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ

2.1. Характеристика водоносних горизонтів і комплексів

В межах Гідрогеологічної області Українського щита можна виділити два структурні поверхи. Нижній поверх складається з архейсько-протерозойських магматичних і метаморфічних порід, а верхній поверх містить мезо-кайнозойські осадові відклади. *(Гошовський та ін., 2019)*

Водоносні породи нижнього поверху є кристалічними породами, такими як гнейси, граніти та мігматити. *(Камзіст, 2009)* Їх фільтраційні властивості визначаються нерівномірною ендо- та екзогенною тріщинуватістю як за площею, так і за глибиною. Ця тріщинуватість впливає на нерівномірний розподіл води в цих породах. *(Гошовський та ін., 2019)*

Найбільш водоносні зони знаходяться в нижніх частинах сучасного рельєфу, особливо вздовж гідрографічної мережі. Товщина зони інтенсивної тріщинуватості зазвичай не перевищує 20 метрів від поверхні кристалічних порід на вододільних областях і 50 метрів у річкових долинах. *(Люта, 2022)* Використання підземних вод в цих зонах широко поширене для водопостачання міст, таких як Тальне, Бердичів, Умань та інші. *(Гошовський та ін., 2019)*

Водоносні горизонти верхнього структурного поверху в осадових відкладах мають нерівномірне поширення і різну потужність. Вони найчастіше знаходяться на вододільних ділянках або в палеодолинах фундаменту та розмитих долинах річок. Відклади, які складаються з цих водоносних горизонтів, мають низьку проникність і нерівномірно розподілені, що створює взаємозв'язок між різними водоносними горизонтами.

Водоносні горизонти верхнього структурного поверху в основному пов'язані з четвертинними відкладами і породами мезо-кайнозойського походження. Ці четвертинні водоносні горизонти пов'язані з різноманітними типами відкладів, такими як болотні, озерно-болотні, водно-льодовикові тощо, а водовмісні породи

включають піски, супіски, суглинки та шари торфу. Для задоволення господарських та питних потреб використовуються головним чином водоносні горизонти в алювіальних і водно-льодовикових відкладах. (Гошовський та ін., 2019)

Водоносність четвертинних відкладів.

В голоценових алювіальних і алювіально-делювіальних відкладах заплав річок та днищ балок (*a, adH*) знаходиться водоносний горизонт з потужністю від перших метрів до 12-13 м. Водовмісні породи – різнозернисті піски, супіски та суглинки. Горизонт живиться за рахунок фільтрації поверхневих вод, розвантажується випаровуванням та дренажуванням до річок та нижче залягаючих водоносних горизонтів. Дебіти свердловин коливаються від 0,1-0,3 до 4,0 дм³/с, а коефіцієнти фільтрації змінюються від 2,5 до 18 м/д. Хімічний склад води горизонту гідрокарбонатний, мінералізація води в межах 0,3-0,9 г/дм³ (Камзіст, 2009).

В середньому та верхньому неоплейстоцені, відклади перших-четвертих надзаплавних терас (*a, adP_{I-III}, a²P_{III}VI, a¹P_{III}ds*) містять водоносний горизонт, який широко поширений в долинах річок і балок. Його відклади складаються з пісків, глин та суглинків, а їх глибина залягання – від 0,5 до 40-50 м. Зазвичай, потужність водоносного алювію в долинах малих річок і балок не перевищує 2-3 м, а іноді досягає 10-15 м. (Руденко, 1971) Коефіцієнти фільтрації можуть коливатися від 1-8 м/д до 20-45 м/д. Дебіти свердловин в долинах малих річок зазвичай коливаються від 0,01 до 0,5 дм³/с, тоді як у долинах великих річок вони збільшуються до 2-4 дм³/с. Цей водоносний горизонт живиться за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, переливу підземних вод з горизонтів еолово-делювіальних і неогенових відкладів, а також підтоку напірних вод кристалічного фундаменту по зонах розущільнення. (Клочков та ін., 2004). Хімічний склад цих вод гідрокарбонатний кальцієвим або магнієво-кальцієвий з мінералізацією до 1 г/дм³. Розвантаження відбувається в напрямку річкових заплав. (Камзіст, 2009).

Водоносний горизонт, що знаходиться в еолово-делювіальних і елювіально-делювіальних відкладах (*vd, edP_{I-III}*) розташований на вододільних плато та їх

схилах. Глибина залягання залежить від рельєфу і коливається в межах від 3,5 до 22 м. На Приазовському масиві потужність горизонту змінюється від 2-3 до 10-20 м. (Рубан, 2005) Живиться горизонт інфільтраційними та конденсаційними водами та дренується ярами, балками і заплавами річок. За хімічним складом, води відносяться до гідрокарбонатних кальцієво-магнієвих і магнієвих. (Клочков та ін., 2004).

В відкладах середнього неоплейстоцену, що складається з флювіогляціальних, озерно-гляціальних та гляціальних відкладів (f, lg, gP_{II-dn}) є водоносний горизонт, який містить переважно дрібно- і середньозернисті піски з галькою і валунами кристалічних та осадових порід. Цей горизонт залягає на глибинах від 0,3 до 59 м, а потужність відкладів становить від 3 до 15 м. Дебіти свердловин можуть варіюватись від 0,01 до 3,3 $\text{дм}^3/\text{с}$, а коефіцієнти фільтрації – від 0,1 м/д до 16,0 м/д.

Води в цьому горизонті переважно живляться атмосферними опадами, а також підтоками з нижніх водонапірних горизонтів. Мінералізація води від 0 до 1 $\text{г}/\text{дм}^3$. Зазвичай води з цього горизонту є гідрокарбонатними, але можуть бути також гідрокарбонатно-хлоридними або хлоридно-гідрокарбонатними кальцієвими, кальцієво-магнієвими, магнієво-кальцієвими (Камзіст, 2009).

В перигляціальній зоні лісостепу на лесовому плато та на його схилах, водоносний комплекс широко поширений у різних відкладах, включаючи алювіальні, еолово-делювіальні, водно-льодовикові, озерно-льодовикові та льодовикові відклади різних епох ($aN_2-E_{II}+a, vdP_I+a, f, lg, gP_{II}+e, vdP_{II-III}$). Водоносні породи складаються з пористих лесоподібних суглинків, супісків з кварцових пісків та моренних суглинків. Глибина залягання рівня ґрунтових вод варіюється від 2,0-5,0 м до 15,0-25,0 м, а дебіти свердловин коливаються в межах 0,5-7,0 $\text{дм}^3/\text{с}$. Води мають переважно низьку мінералізацію – 0,35-1,0 $\text{г}/\text{дм}^3$ та складаються переважно з гідрокарбонатів, але також можуть містити хлоридно-гідрокарбонатні магнієво-кальцієві, кальцієво-магнієві або кальцієві сполуки. (Деркач та ін., 2002)

Водоносність неогенових відкладів.

На території УМ є *водоносний комплекс міоцен-пліоцену (N_{1-2})*, який має різні товщі та світи в залежності від регіону. У середній та південній частині, він складається зі слабководоносних світло сірих пісків та вуглистих глин (N_{2pg}) та субаеральних підкладів *балтської світи (N_{1-2bl})*. На лівобережжі р. Конка він змінюється пісками та вапняками понтичного ярусу. На півночі товща складається з вуглистих пісків та глин акчагильського та кіммерійського ярусів (N_{2-3ur}).

Потужність водовмісних пісків становить від 3 до 10 м. (*Деркач та ін., 2002*) У центральній частині є напірний *пліоценовий водоносний горизонт (N_{2pg})*, який залягає від 9 до 36 м. (*Циба та ін., 2006*). Дебіти свердловин – від 0,03 до 0,9 дм³/с. Ці води живляться від атмосферних опадів та тріщинних вод фундаменту. Розвантаження підземних вод відбувається через джерела в долинах річок та балках або шляхом перетікання в горизонти, що залягають нижче. (*Клочков та ін., 2004*). Води комплексу мають гідрокарбонатний склад з перевагою кальцію та магнію (*Камзіст, 2009*).

У *відкладах нижнього пліоцену понтичного регіонального ярусу (N_{1-2p})* знаходиться водоносний горизонт, який поширений на південному та південно-східному масиві. Він містить піски та черепашкові вапняки і зазвичай знаходиться на глибині від 1-2 до 45 м з потужністю 1-8 м. Цей горизонт часто безнапірний та може бути перекритий лише еолово-делювіальними відкладами неоплейстоцену або виходити на поверхню.

Дебіти свердловин у цьому горизонті зазвичай складають від 0,1 до 1,5 дм³/с. Коефіцієнти фільтрації водопроникних порід становлять від 0,42 до 5,1 м/д, за даними дослідних відкачок. Мінералізація складає від 0,6 до 4,8 г/дм³. Склад води може варіюватись від гідрокарбонатно-сульфатного натрієво-магнієво-кальцієвого до сульфатного магнієво-кальцієвого і сульфатно-хлоридного натрієво-кальцієвого. (*Камзіст, 2009*).

В окремих ділянках Приазовського та Південного районів залягають водоносні дрібно- і різнозернисті піски *балтської світи сармат-меотису та пліоцену (N_{1-2bl})*, які знаходяться на глибинах від 0,4 до 30 м. Потужність водоносного горизонту становить 10-12 м, а питомі дебіти колодязів і свердловин коливаються від 0,001 до 0,6 дм³/с. Цей горизонт частіше безнапірний і підстиляється водоносним горизонтом глин сарматського ярусу. Піски мають різнозернисту структуру, з перевагою крупнозернистого. Хімічний склад води горизонту гідрокарбонатний кальцієвий і магнієво-кальцієвий. Мінералізація становить 0,4-0,6 г/дм³, а рН коливається від 6,9 до 7,7. Живлення горизонту забезпечується інфільтрацією атмосферних опадів та перетіканням з розташованих нижче напірних водоносних горизонтів, а розвантаження відбувається у долинах річок і крупних балок. (Камзіст, 2009).

Водоносний горизонт, пов'язаний з сарматським регіоярусом (N_{1s}), є найбільш поширеним за площею. Водовмісні породи сармату складаються з пісків, пісковиків та вапняків, які розташовані на глибинах від 1 до 8 м в річкових долинах та до 110-120 м на підвищених ділянках. Живлення горизонту забезпечується інфільтрацією атмосферних опадів та підтоком тріщинних вод докембрійських кристалічних порід. Хімічний склад води гідрокарбонатний кальцієвий та магнієво-кальцієвий. Мінералізація вод зазвичай становить 0,3-0,5 г/дм³, рН коливається від 6,8 до 7,6. Дебіти свердловин варіюються в межах 0,4-2,5 дм³/с (Камзіст, 2009).

Майже всюди на південному схилі Приазовського масиву розвинений *водоносний горизонт у середньо-верхньосарматських відкладах*. Водовмісна товща складається з вапняків, пісків, рідше пісковиків і глин. Потужність вапняків збільшується у південному напрямку від 2-3 до 20-30 м. Водовмісні піски дрібнозернисті, переходять у різнозернисті ближче до виходів кристалічних порід і мають максимальну потужність 8-10 м. Горизонт залягає на докембрійських кристалічних породах, а іноді на нижньосарматських глинах. Його перекривають понтичні водовмісні породи, а рідше – четвертинні лесовидні суглинки. Хімічний

склад води відповідає сульфатно-хлоридним і сульфатним натрієво-кальцієвим водам з мінералізацією від 1 до 4,1 г/дм³. Загальна жорсткість води становить 15-20 мг-екв/дм³ (Клочков та ін., 2004).

Водоносний горизонт, що містить відклади полтавської серії олігоцену і нижнього-середнього міоцену (P₃+N₁pl), розповсюджений на вододільних ділянках північно-західної частини Українського щита і в Кінсько-Ялинській западині. Однак, на південних схилах щита він має острівний характер. У більшості випадків він складається з пісків з пливунними властивостями, але сумарна його потужність рідко перевищує 10 м (Клочков та ін., 2004). Глинисті або піщано-глинисті відклади сармату перекривають його, і в північно-східній частині щита він об'єднується з вищезалягаючою слабодоносною товщею суглинистих пісків з прошарками бурого вугілля бессарабського під'ярусу (N₁³ur) в єдиний комплекс.

В Центральному районі є водоносний комплекс (P₃mz-br+N₁np), який включає в себе водоносні відклади полтавської серії та межигірської світи. Цей комплекс розташований на плато та на їх схилах. Водоносні породи в цьому комплексі в основному складаються з тонко- і дрібнозернистих пісків з домішками вторинних каолінів, пісковиків, алевритів і вуглистих глин. Глибина залягання покрівлі у рівнях комплексу варіюється від 2-20 до 30-85 м. (Циба та ін., 2006). Води з цього комплексу можуть бути безнапірними, слабонапірними або напірними. Води прісні, гідрокарбонатні кальцієві або гідрокарбонатні кальцієво-магнієві з мінералізацією 0,2-0,8 г/дм³ (Камзіст, 2009).

У середньо-пізньоміоценових відкладах (N₁kz, N₁np) Кінсько-Ялинської западини відбувається живлення водоносного горизонту за рахунок тріщинних вод з кристалічних порід докембрію. Глибина знаходження водоносного комплексу змінюється від декількох метрів на схилах долин до 80 м на вододілах. Він лежить на глинах Кінського ярусу або піщано-глинистих відкладах берекської світи полтавської серії, іноді на відкладах харківської серії. Дебіти варіюються від 1,0 до 2,8 дм³/с. Хімічний склад води різноманітний, переважає хлоридно-сульфатний

кальцієво-магнієво-натрієвий або гідрокарбонатно-сульфатний натрієво-магнієво-кальцієвий. Сухий залишок становить від 0,7 до 4,6 г/дм³ (Камзіст, 2009).

Водоносність палеогенових відкладів.

У межигірсько-обухівських відкладах харківської серії (P_{3mz} - P_{2ob}) є водоносний горизонт, який складається з дрібнозернистих глинистих пісків і має загальну потужність 45 м. Глибина залягання горизонту змінюється від 2,6-4,0 м до 100-110 м. (Руденко, 1960) Цей горизонт лежить на водонепроникних глинистих відкладах київської світи, бучацької серії еоцену або корі вивітрювання кристалічного фундаменту. На окремих ділянках глинисті відклади межигірської світи відіграють роль верхнього водонепроникного шару.

У місцях, де горизонт залягає глибоко, він має значні напори, але його водозбагаченість низька – дебїти коливаються від 0,001 до 4,4 дм³/с. Води мають склад хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатний або гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний, з переважанням натрію і кальцію серед катіонів (Камзіст, 2009).

Відкладення київської світи (P_{2kv}) складаються переважно з щільних, водонепроникних мергелів та глин. Глибина залягання цього шару зазвичай не перевищує 20-50 м. (Руденко, 1971) Товщина обводненої частини варіюється від 4 до 40 м, а глибина залягання водоносного горизонту – від 3,3 до 130,0 м.

У місцях, де глибина водоносного горизонту не велика, води є прісними та переважно складаються з хлоридно-гідрокарбонатних натрієвих сполук з мінералізацією 0,6-0,7 г/дм³ та загальною жорсткістю 3,6 мг-екв/дм³. Мінералізація вод змінюється від 0,6 до 13,7 г/дм³, а загальна жорсткість – від 1,2 до 20,0 мг-екв/дм³ – у місцях, де відбувається розвантаження (Камзіст, 2009).

У центральній, північно-східній та східній частинах щита поширений водоносний горизонт в відкладах київської світи та бучацької і канівської серій еоцену (P_{2kp} - kv). Цей горизонт розташовується на глибинах від 10-30 до 70 м і має потужність від 2 до 15 м. На покрівлі горизонту лежать водонепроникні відклади неогену, а в підшві – кора вивітрювання кристалічних порід або відклади

крейдової і юрської систем. Середній напір від 10 до 20 м (*Єсипчук та ін., 2003*). Дебіти свердловин варіюються від 0,84 до 6,7 дм³/с. Живлення горизонту забезпечується за рахунок переливу напірних вод із нижніх горизонтів. Води прісні, гідрокарбонатні кальцієво-магнієві (*Цуба та ін., 2006*).

У відкладах бучацької серії (*P_{2bc}*) є глинисті піски з домішками глин та бурого вугілля, які представлені у верхній частині, та крупнозернисті піски у нижній частині. Цей водоносний горизонт зазвичай не більше 25 м завглибшки, залягає на глибині 30-110 м. (*Деркач та ін., 2002*). Водозбагаченість горизонту є дуже нерівномірною, оскільки склад порід та їх потужність є неоднорідними. Дебіти свердловин зазвичай 1-2 дм³/с.

Води бучацьких відкладів є переважно прісними та помірно жорсткими. Сухий залишок цих вод зазвичай складає від 0,2 до 1,5 г/дм³. Тип води варіюється від гідрокарбонатно-сульфатного натрієво-кальцієво-магнієвого до сульфатно-хлоридного і хлоридного, з переважним вмістом кальцію та натрію (*Камзіст, 2009*).

В депресіях, розташованих у центральній частині УЩ, існує водоносний горизонт, що локально поширений в *райгородських та бучацьких відкладах (P_{1rg}+P_{2bc})*. Цей горизонт складається з кварцових пісків, які мають різну зернистість. Відклади горизонту лежать на породах докембрю і корі вивітрювання, і покриваються київськими, обухівськими та межигірськими відкладами. Глибина залягання горизонту варіюється від 9 до 50 м, а потужність водовмісних порід – від декількох метрів до 70 м. Дебіти свердловин досягають 3-5 дм³/с, а питомий дебіт – 1-3 дм³/с. Загальна жорсткість не перевищує 7-10 мг-екв/дм³, а мінералізація змінюється в межах від 0,5 до 1,1 г/дм³. За хімічним складом води переважають гідрокарбонатно-сульфатні та сульфатно-гідрокарбонатні кальцієво-натрієві та натрієво-кальцієві. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок атмосферних опадів, що інфільтрують, а також за рахунок горизонтів, що розташовані вище, або через підтік води у тріщинній зоні кристалічних порід. (*Камзіст, 2009*).

В Бовтиській улоговині, що знаходиться в районі міста Знам'янка, поширений продуктивний *водоносний горизонт бовтиської товщі канівської та сумської серії (P_{1-2bv})*. Цей горизонт представлений пластами горючих сланців, які перемежуються з глинами, алевритами, аргілітами та бітумінозними глинами. Максимальна потужність цього водоносного горизонту складає 130 м.

На бортах котловини виникають напірні води з дебітами 1,54 дм³/с. Ці води є прісними і складаються з гідрокарбонатів та сульфатів натрію. Водоносний горизонт отримує живлення в результаті перетікання вод з бучацького водоносного горизонту, який знаходиться вище (*Камзіст, 2009*).

Водоносність мезозойських відкладів

На північно-східному схилі щита, *відклади сеноманського ярусу (K_{2s})* утворюють водоносний горизонт, що складається з дрібно- і середньозернистих пісків і пісковиків з товщиною від 8,5 до 22 м (*Єсипчук та ін., 2003*). Цей горизонт зазвичай перекривається мергельно-крейдовою товщею, рідше – піщаною товщею еоценових відкладів, і підстилається породами юрської системи або кристалічними породами фундаменту. Глибина залягання горизонту становить від 8,2 до 35,4 м від поверхні, а коефіцієнти фільтрації водовмісних порід близькі до 3,0 м/д. Води гідрокарбонатні кальцієві з мінералізацією 0,3-0,4 г/дм³. Живлення горизонту відбувається за рахунок переливу з горизонтів, що лежать нижче (*Камзіст, 2009*).

Водоносний горизонт, що знаходиться у *верхньокрейдових відкладах мошно-руднянської світи (K_{2mr})* залягає на породах кристалічного фундаменту та на корі вивітрювання. Цей горизонт перекривається відкладами палеогену, неогену і четвертинної системи. Водовмісні породи включають різнозернисті глауконіт-кварцові піски зі стягненнями кременів, потужність яких становить 0,5-3,5 м. Дебіти свердловин коливаються від 0,02 до 0,5 дм³/с, питомі дебіти складають 0,006-0,15 дм³/с. Коефіцієнт фільтрації пісків дорівнює 1,35 м/д. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок перетікання напірних тріщинних вод кристалічних порід докембрію, а розвантаження – у водоносні горизонти, що

лежать вище. Мінералізація до 1 г/дм^3 , склад – гідрокарбонатний кальцієвий (*Камзіст, 2009*).

У північній, північно-західній, а також у центральній частині існує *водоносний горизонт, який знаходиться у відкладах іршанської світи (K1ir)*. Водоносний горизонт складається з різнозернистих пісків каоліністих та вуглистих з проміжними шарами вторинних каолінів. Глибина залягання водоносного горизонту змінюється від 20-30 м до 40-50 м. У покрівлі горизонт перекритий вторинними каолінами нижньої крейди, підстилається корою вивітрювання кристалічних порід докембрію. Живлення інфільтраційне, розвантаження відбувається в долинах річок (*Камзіст, 2009*).

У районі Фастова дебіти свердловин становлять від 5 до $8 \text{ дм}^3/\text{с}$. Коефіцієнт фільтрації пісків досягає 25 м/д. Води прісні та мають гідрокарбонатного магнієво-кальцієвого складу зі сухим залишком $0,4-0,5 \text{ г/дм}^3$ (*Єсипчук та ін., 2003*).

На північно-східному схилі щита знаходиться *водоносний горизонт у відкладах виржиківських та смілянських шарів апту-альбу (K1vr+sm)*, який складається з різнозернистих пісків з галькою кварцу, вторинного каоліну, гравелітів, каоліністих та вуглистих пісків, що підстилаються глинами баремського ярусу. В центральній та східній частинах щита цей горизонт переходить в обмежено поширений *водоносний горизонт смілянських верств і бурімської світи нижньої-верхньої крейди (K1sm+K1-2br)*, де він залягає на глибинах 40-80 м на відкладах юри або кори вивітрювання кристалічних порід фундаменту (*Циба та ін., 2006*). Води в цих горизонтах є прісними та гідрокарбонатними кальцієво-магнієвими. Живлення водоносного горизонту забезпечується за рахунок горизонтів, що залягають вище по розрізу, та підтоку вод через тріщинуваті зони.

На східному схилі щита є водоносний комплекс, який пов'язаний з відкладами юрського періоду. Цей комплекс складається з двох горизонтів: перший знаходиться в припіднятій частині і складається з водонасичених пісків, глин, алевролітів з прошарками бурого вугілля та вторинних каолінів *орільської світи*

(*J_{2or}*). Потужність від 3-10 до 40-66 м. Другий горизонт знаходиться на більш зануреній частині схилу і складається з алевритів, пісків і пісковиків *іваницької світи* (*J_{2-3iv}*). Глибина залягання водоносного горизонту у відкладах орільської світи становить від 10-15 до 173 м (*Єсипчук та ін., 2003; Циба та ін., 2006*).

Цей водоносний комплекс має тісний зв'язок з водами верхніх і нижніх водоносних горизонтів і має напірний характер. Дебіти свердловин зазвичай коливаються в межах 0,9-8,4 дм³/с. Склад підземних вод є гідрокарбонатним кальцієвим або кальцієво-магнієвим з мінералізацією 0,3-0,5 г/дм³ (*Камзіст, 2009*).

В межах Новомихайлівської депресії розташований *водоносний горизонт середньоюрських відкладів* (*J₂*). Представлений пісками, аргілітами та алевролітами. Його потужність становить від 25 до 119 м, а глибина залягання покрівлі від 35 до 110 м. Кристалічні породи лежать у підшві, а в покрівлі – новопетрівська товща міоцену. Водоносний горизонт є напірним. Питомі дебіти свердловин становлять 0,02-0,0006 дм³/с. Коефіцієнт фільтрації від 0,005 до 0,23 м/д. Вода слабо солонувата з мінералізацією 1,3-2,0 г/дм³ і має сульфатний натрієво-магнієвий склад (*Камзіст, 2009*).

У крайовій частині східного схилу щита зафіксовано розкриття *водоносного горизонту дронівської світи індського ярусу нижнього тріасу* (*T1dr*), що знаходиться на глибині 130-190 м. Водомісткі породи цього горизонту складаються з пісків з лінзами пісковиків, тріщинуватих пісковиків, а також алевритів. Потужність товщі складає до 250 м (*Камзіст, 2009*).

Водоносність давньої кори вивітрювання кристалічних порід.

На значній площі масиву кристалічні породи покриті продуктами руйнування материнської породи й каолінами. Потужність порід кори вивітрювання змінюється від 1 до 130 м, але зазвичай не перевищує 12-20 м.

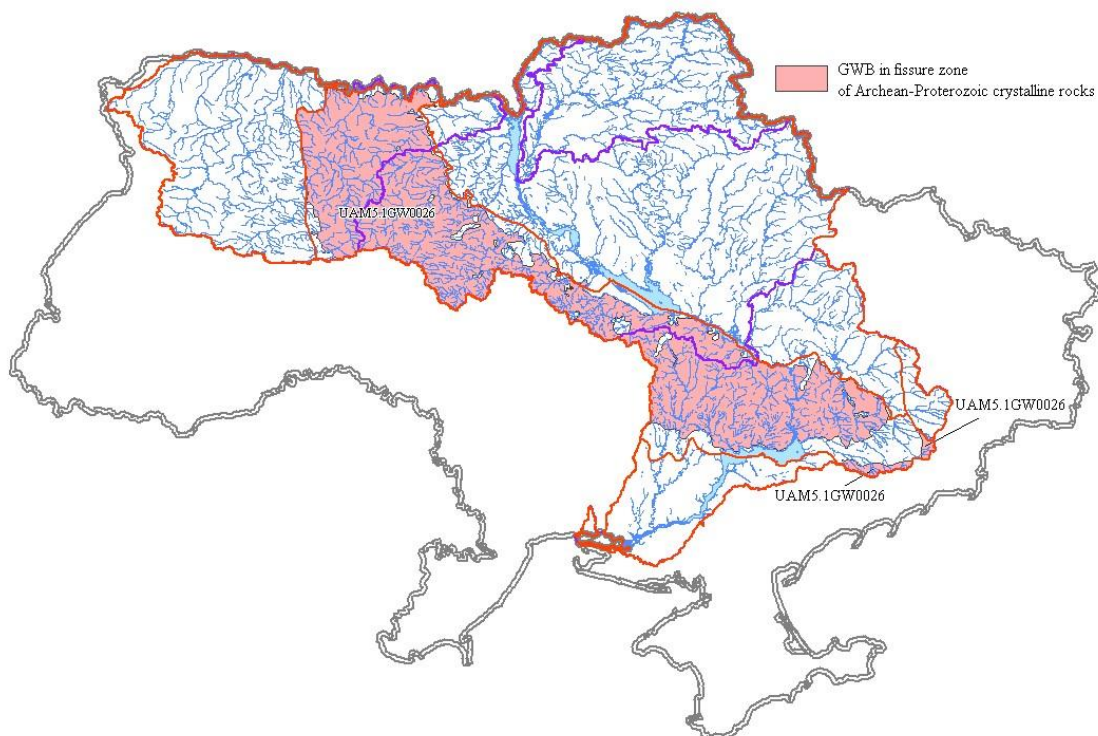
Більшість водоносних горизонтів безнапірні або мають слабкий напір, з величиною напору у середньому 20-22 м. Зазвичай, вони гідравлічно пов'язані з тріщинно-жильними водами регіональної літогенетичної і тектонічної

тріщинуватості кристалічних порід, і тоді величина напору збільшується до 30 м або більше. Глибина залягання водоносного горизонту зазвичай не перевищує 20-30 м, але іноді може становити 70-80 м і більше (Камзіст, 2009).

Водоносний комплекс в зоні тріщинуватості докембрійських кристалічних порід (AR-PR).

Водоносний горизонт зони тріщинуватості порід архею-протерозою має велике розповсюдження в межах басейну Дніпра (рис. 2.1) і простягається від північно-західного напрямку до південно-східного. Цей горизонт пов'язаний з ГОУЩ, яка включає Середній, Нижній Дніпро і Прип'ятські підбасейни. Водовмісними є породи докембрійського фундаменту, який складається з різноманітних метаморфічних та магматичних утворень, зокрема гнейсів, гранітів і мігматитів. В долинах річок вони можуть виходити на поверхню землі або бути перекриті тонким шаром мезо-кайнозойських відкладів. (Гошовський та ін., 2019)

Рис.2.1 Водоносний горизонт у зоні тріщинуватості кристалічних порід архей-протерозою (Гошовський та ін., 2019)



Геофільтраційні властивості цих кристалічних порід залежать від їх нерівномірної тріщинуватості, як за площею, так і на глибину, що теж впливає на розподіл води. (Гошовський та ін., 2019) Загалом, області з найбільшим обводненням знаходяться в понижених ділянках сучасного рельєфу, що співпадають з розвиненою гідрографічною мережею та великими балками (Люта, 2022).

Ці зони виникають внаслідок спадковості гідрографічної мережі внаслідок тектонічних рухів та інтенсивних процесів вивітрювання. Вони приурочені до річкових долин і сприяють підвищеній тріщинуватості від продуктів вивітрювання та збільшенню швидкості руху підземних вод, порівняно з вододільними областями (Рудько, 2015).

Потужність зон інтенсивної тріщинуватості зазвичай не перевищує 20 м від поверхні кристалічних порід на вододілах, 50 м у річкових долинах і зазвичай становить 80-100 м від сучасної земної поверхні (Люта, 2022).

Умови взаємодії кристалічних порід з водоносними горизонтами і осадовими відкладами, що перебувають у вищих шарах, безпосередньо визначаються корою вивітрювання цих порід. Кора вивітрювання відіграє подвійну роль у гідрогеологічних процесах через свою специфіку. Залежно від літологічного складу, вона може бути як водоносним горизонтом, так і водотривом (Шестопапов та ін., 2019). На регіональному рівні, повний розріз та більша потужність кори вивітрювання спостерігаються на вододільних ділянках, а знижується до повного розмиву в прируслових областях (Люта, 2022).

На північному заході, де осадовий шар має малу потужність, глибина залягання підземних вод становить 20-30 м. В долинах річок водовмісні породи часто виходять на поверхню. У більш південних регіонах збільшується потужність осадових порід, що прикривають кристалічні породи, і відповідно зростає глибина залягання підземних вод. Зазвичай, рівень підземних вод не перевищує 20 м. Підземні води характеризуються як напірні і безнапірні, з величиною напору, що зазвичай не перевищує 15-20 м, але в окремих випадках може сягати 57,5 м,

існують самовиливні свердловини. У долинах річок напір підземних вод знижується (*Гошовський та ін., 2019*).

Водні ресурси даної області залежать від рівня тріщинуватості, потужності тріщинуватих зон та умов живлення. Дебіти свердловин варіюються від 0,9 до 864-1209,6 м³/д. Водопровідність також варіюється у широких межах: від 1 до 10 м²/д в середньому, але може сягати значень від кількох метрів до 500 м²/д. Високі значення водопровідності спостерігаються у зонах тектонічних розломів, річкових долинах та балках, де вона зазвичай становить 50-100 м²/д (*Гошовський та ін., 2019*).

Підземні води в цій області мають різноманітний хімічний склад (*Люта, 2022*) але найпоширеніші є води гідрокарбонатного типу з переважанням кальцію із середнім рівнем мінералізації в межах 0,5-1,0 г/дм³. Рідше можна зустріти сульфатні та хлоридні води з мінералізацією до 6,4 г/дм³. Гідрокарбонатні кальцієві води з низьким рівнем мінералізації є поширеними в північно-західній частині, де умови живлення підземних вод сприятливі. У південно-східному та південному напрямках появляються води змішаного складу, а рівень мінералізації збільшується до 3 г/дм³ і вище. (*Гошовський та ін., 2019*).

Горизонт у тріщинній зоні кристалічних порід має нерівномірну захищеність залежно від його поширення і потужності слабопроникних порід у верхній частині. В окремих випадках він може бути захищеним та умовно захищеним від забруднення з поверхні, а також може мати гідравлічний зв'язок з безнапірними водоносними горизонтами, що розташовані вище. Зазвичай цей горизонт є найбільш водозбагаченим у межах річкових долин (*Гошовський та ін., 2019*).

Водоносний горизонт отримує своє живлення по всій своїй площі поширення, головним чином через інфільтрацію атмосферних опадів та перетікання з водоносних горизонтів, що асоційовані з осадовими породами, коли відсутні водотриви. Розвантаження відбувається в річкових долинах. (*Люта, 2022*). Амплітуда коливання рівня підземних вод велика і залежить від режиму: від 0,3-0,6

м (вододільний режим) до 0,5-1,0 м (придолинний режим) і місцями до 3-4 м (річкові долини). Український щит є головним джерелом господарсько-питного водопостачання для багатьох великих населених пунктів (райцентри Київської, Дніпропетровської, Рівненської, Житомирської, Кіровоградської областей). У зв'язку з властивостями водонасичених кристалічних порід, експлуатація проводиться за допомогою невеликих розсіяних водозаборів з низькою продуктивністю (до 1-2 тис. м³/д (Гошовський та ін., 2019)).

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Водна рамкова директива (ВРД) ЄС та Порядок здійснення державного моніторингу вод, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758, встановлюють нові підходи до моніторингу підземних вод. Головний принцип ВРД ЄС полягає у визнанні річкового басейну як основної одиниці управління водними ресурсами. Кожен басейн керується планом, який включає аналіз стану територій та програму заходів, спрямованих на досягнення головної мети – досягнення доброго стану водних об'єктів, включаючи підземні води.

Тому у даній роботі розглядається частина водоносного комплексу, що міститься у породах архею-протерозою, і знаходиться у басейні Дніпра.

Одне з завдань даної роботи полягало у ознайомленні з Методикою визначення масивів поверхневих та підземних вод, що була затверджена Наказом Мінекології від 14 січня 2019 року № 4. Ця Методика встановлює критерії, показники та послідовність дій для визначення масивів поверхневих та підземних вод. . *(Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019)*

Згідно з цією Методикою, визначення масивів поверхневих вод та масивів підземних вод є важливою складовою аналізу характеристик річкового басейну. Цей процес здійснюється з метою детального опису стану поверхневих і підземних вод. Визначення ґрунтується на географічних та гідрологічних показниках, а також на інформації про основні антропогенні впливи на кількісний та якісний стан поверхневих і підземних вод, аналізі водокористування та результатів програми державного моніторингу вод.

Масиви підземних вод складаються з підземних водних об'єктів або їхніх складових частин, які мають встановлені екологічні цілі і використовуються для

оцінки досягнення цих цілей (*Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019*).

Однією з основних стратегічних екологічних цілей для всіх районів річкових басейнів є досягнення або підтримання "доброго" екологічного та хімічного стану масивів поверхневих вод, а також "доброго" хімічного та кількісного стану масивів підземних вод.

Визначення масивів підземних вод включає розбиття водоносних горизонтів на менші одиниці, їх опис та встановлення меж масивів підземних вод. При цьому слід уникати надмірного розподілу водоносних горизонтів на надто малі підрозділи.

Встановлення меж масивів підземних вод здійснюється, враховуючи геологічні межі потоку, за винятком випадків, коли для опису стану підземних вод та досягнення екологічних цілей необхідно розбиття водоносних горизонтів на більшу кількість масивів підземних вод.

Визначення масивів підземних вод проводиться щонайменше один раз на шість років перед розробленням програми державного моніторингу вод та плану управління річковим басейном. При необхідності масиви поверхневих та підземних вод переглядаються та уточнюються.

Під час визначення масивів підземних вод проводиться аналіз геологічних карт та даних про свердловини з метою виділення різних гідрогеологічних одиниць в межах водоносного горизонту. В першу чергу відділяються водоносні горизонти, які мають достатні запаси для відбору води у кількості більше $10 \text{ м}^3/\text{д}$ (*Гошовський та ін., 2019*).

Для визначення територій з однаковими умовами, проведення аналізу антропогенного впливу та виявлення ділянок, де стан підземних вод може не відповідати екологічним цілям, здійснюється опис масивів підземних вод.

Стратегічною екологічною ціллю для масивів підземних вод є досягнення або підтримання "доброго" кількісного та хімічного стану.

Опис масиву підземних вод включає первинний опис та подальший опис.

Під час проведення первинного опису масивів підземних вод розробляється концептуальна модель потоку підземних вод, що відображає умови їх руху у напрямку до або з поверхневих вод і взаємозв'язок з відповідними наземними екосистемами. У цьому описі визначаються межі масивів підземних вод з урахуванням наявних гідрогеологічних, геологічних, літологічних та інших даних. Також проводиться аналіз можливої вразливості масивів підземних вод до різних антропогенних впливів, таких як розсіяні чи точкові джерела забруднення, водовідбір та штучне поповнення запасів підземних вод, з наданням відповідної інформації про ці впливи. Крім того, наводяться загальні характеристики порід у зоні аерації. Під час проведення первинного опису, масиви підземних вод з схожими властивостями або з однаковими видами антропогенного впливу можуть бути об'єднані разом. Первинний опис включає наступні етапи:

Аналіз даних щодо антропогенних впливів на підземні води, з урахуванням природних умов, розгляд дифузних та точкових джерел забруднення, водовідбору та штучного поповнення запасів підземних вод.

Оцінка природного захисту підземних вод від забруднення на основі наявних даних про джерела забруднення, з метою оцінки потенційного ризику у випадку недосягнення екологічних цілей щодо хімічного стану підземних вод.

Аналіз моніторингових даних щодо підземних вод (хімічний склад та рівень води), а також даних про поверхневі води та екосистеми, з урахуванням природних фонових рівнів та антропогенних впливів на масиви підземних вод, а також врахування екологічних цілей.

Визначення складових водного балансу масиву підземних вод з урахуванням кількісних антропогенних впливів.

Аналіз хімічного та кількісного стану підземних вод з метою визначення ймовірності виникнення ризику в разі недосягнення екологічних цілей, включаючи оцінку часу потрапляння забруднювачів до водоносного горизонту. Оцінка можливого зв'язку масивів підземних вод з наявними водно-болотними угіддями (*Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019*).

Під час початкового опису також проводиться загальний аналіз антропогенного впливу з метою оцінки ризиків, які можуть виникнути у випадку недосягнення екологічних цілей.

Будь-який вплив розглядається як результат забруднення та водовідбору підземних вод, при цьому враховується ступінь природної захищеності цих водних ресурсів. Для оцінки антропогенного впливу на кількісні характеристики підземних вод під час водовідбору можна провести вимірювання показників зниження рівня підземних вод.

Аналіз антропогенного впливу повинен підтверджуватися даними моніторингу підземних вод. Інформація, отримана з моніторингових даних, також використовується для оцінки довгострокових тенденцій зміни рівня та концентрації забруднюючих речовин у підземних водах.

Під час проведення первинного опису використовуються карти природної захищеності підземних вод, що дозволяє швидко визначити потенційний масштаб наслідків антропогенного впливу та оцінити ризик надходження забруднюючих речовин від наземних джерел до масивів підземних вод.

Умови захищеності водоносних горизонтів від забруднення визначаються за такими критеріями:

літологічний склад та потужність порід зони аерації;

літологічний склад та потужність поверхневих відкладів;

механізм руху підземних вод у межах водоносного горизонту (наприклад, для тріщинуватих або високопористих порід);

глибина залягання рівня підземних вод (*Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019*).

Якщо немає достатньої інформації для точного визначення стану підземних вод, результати аналізу антропогенного впливу можуть бути використані як показник стану підземних вод.

Опис масивів підземних вод може ґрунтуватися на наявній інформації та результати проведених досліджень. Для цього використовуються географічні інформаційні системи (ГІС), які дозволяють картографувати та визначати межі масивів підземних вод.

Визначені масиви підземних вод подаються у формі картографічних шарів у форматі shape-файлу, що містять атрибутивну інформацію.

Якщо немає достатньої інформації про стан масиву підземних вод або існує ризик недосягнення екологічних цілей масиву підземних вод, проводиться додатковий опис масиву підземних вод.

Масив підземних вод вважається на межі ризику недосягнення екологічних цілей, якщо:

його стан класифікується як "поганий";

спостерігається значне та стійке збільшення концентрацій будь-яких забрудників;

його стан класифікується як "добрий", але очікується, що антропогенний вплив може призвести до його погіршення (*Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019*).

Оцінка ризиків недосягнення екологічних цілей проводиться шляхом порівняння поточного стану підземних вод з екологічними нормативами якості або гранично допустимими концентраціями.

У подальшому описі включається відповідна інформація щодо впливу людської діяльності, а також:

геологічні характеристики масиву підземних вод, включаючи межі поширення та літологічний тип водонепроникних порід;

гідрогеологічні характеристики масиву підземних вод, включаючи коефіцієнт фільтрації, пористість та наявність водонепроникних шарів над водоносним горизонтом;

характеристики поверхневих відкладів та порід зони аерації, включаючи потужність, пористість, коефіцієнт фільтрації та абсорбційні властивості;

опис стратиграфічного профілю в межах масиву підземних вод;

опис поверхневих систем, що динамічно пов'язані з масивами підземних вод, включаючи наземні екосистеми та поверхневі водні об'єкти;

оцінка напрямків та швидкості водообміну між масивом підземних вод та пов'язаною з ним поверхневою екосистемою;

дані для розрахунку щорічного поповнення підземних вод (включаючи щорічний об'єм атмосферних опадів);

характеристика хімічного складу підземних вод, включаючи уточнення впливу людської діяльності на хімічний склад (*Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019*).

Отже, однією з найважливіших задач є визначення умов формування якісного складу підземних вод, уточнення частки антропогенного впливу на якісний стан, оскільки від цього залежать екологічні цілі для кожного масиву підземних вод та оцінка ризику їхнього недосягнення.

Виконана робота належить до первинного опису МПВ у породах архею-протерозою в басейні р.Дніпра.

Було зібрано інформацію щодо природних умов досліджуваної території, геологічної будови, гідрогеологічних умов, в т.ч. захищеності підземних вод, антропогенного навантаження.

Спеціальна частина роботи виконувалася шляхом збору, аналізу та узагальнення інформації щодо якісного стану підземних вод тріщинуватої зони порід архею-протерозою у басейні р. Дніпра. Для цього були опрацьовані матеріали Державних балансів запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні

води та інформація щодо якісного складу поверхневих та атмосферних вод. Були створені карти-схеми мінералізації та макрокомпонентного складу вод досліджуваного водоносного горизонту із використанням програми Surfer.

\

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Оцінка якісного стану підземних вод водоносного горизонту зони тріщинуватості порід архею-протерозою у басейні р.Дніпра

У зоні тріщинуватості порід архею-протерозою, склад підземних вод водоносного горизонту є змінним. У північно-західній частині, де сприятливі умови

живлення підземних вод існують, переважають гідрокарбонатні кальцієві води з низьким рівнем мінералізації. Однак, у південно-східному та південному напрямках, склад води стає змішаним, а мінералізація зростає до 3 г/дм^3 і вище (Гошовський та ін., 2019).

4.1.1. Захищеність підземних вод

Щоб оцінити захищеність водоносних горизонтів від поверхневого забруднення, важливо враховувати їхню природну захищеність. Ця захищеність залежить від наявності у покрівлі водоносного шару слабопроникних порід, які утруднюють проникнення забруднюючих речовин. Основні критерії для оцінки захищеності включають потужність та літологічний склад непроникних порід, які є водонепроникним покривом для водоносних шарів. (рис.4.1).

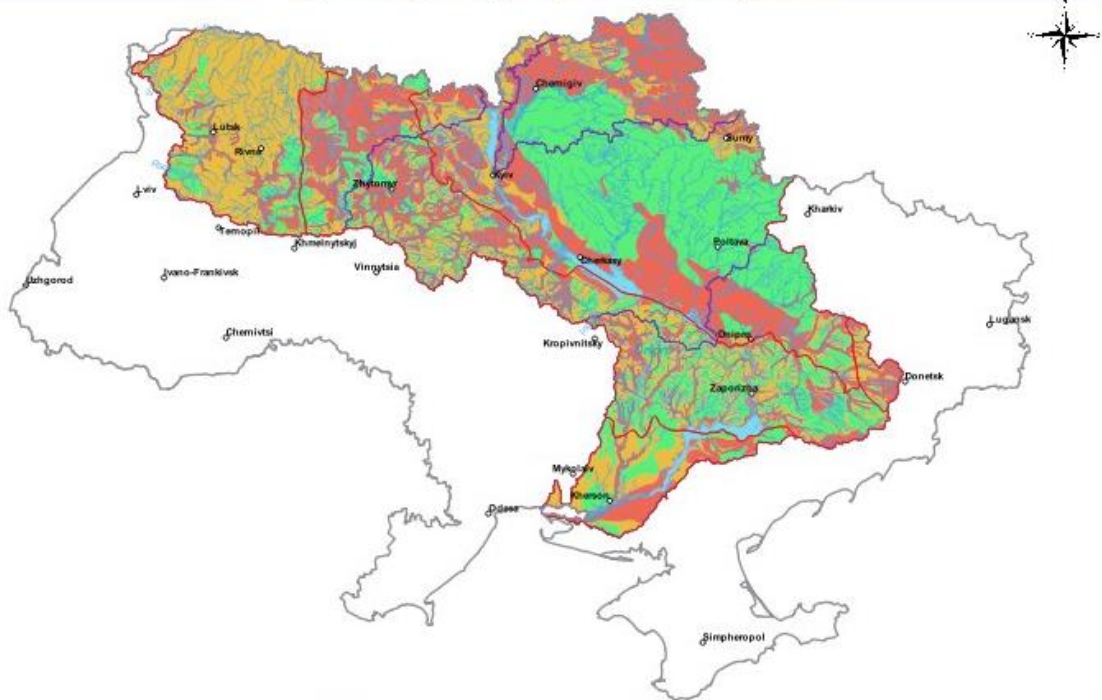


Рис.4.1. Захищеність перших від поверхні напірних водоносних горизонтів

Деякі ділянки, особливо на півночі басейну, зокрема в суббасейні Прип'яті, мають умови для гідравлічного зв'язку між ґрунтовими водами. У таких областях води мають підвищений вміст заліза та марганцю у своєму природному хімічному складі (Гошовський та ін., 2019).

4.1.2. Аналіз хімічного складу атмосферних вод

Живлення водоносного горизонту відбувається по всій його площі. Головним джерелом живлення є інфільтрація атмосферних опадів, а також перетікання з інших водоносних горизонтів, які пов'язані з породами осадового покриву, у місцях, де відсутні водоприймальні шари (*Гошовський та ін., 2019*).

Важлива роль атмосферних вод у живленні горизонту спонукала дослідити їхній якісний склад. Для цього було зібрано та проаналізовано дані багаторічних досліджень хімічного складу опадів (*Осадчий та ін., 2008*).

Були опрацьовані дані по 4-х метеостанціях, одна з яких знаходиться на території щита в межах басейну (Лошкарівка), інші – на території басейну Дніпра, недалеко від досліджуваної території (рис.4.2). Метою дослідження було встановлення можливих відмінностей хімічного складу опадів залежно від просторового розташування метеостанцій.

За даними спостережень 15-річного періоду були визначені середні показники вмісту макрокомпонентів та визначені формули сольового складу (табл.4.1).

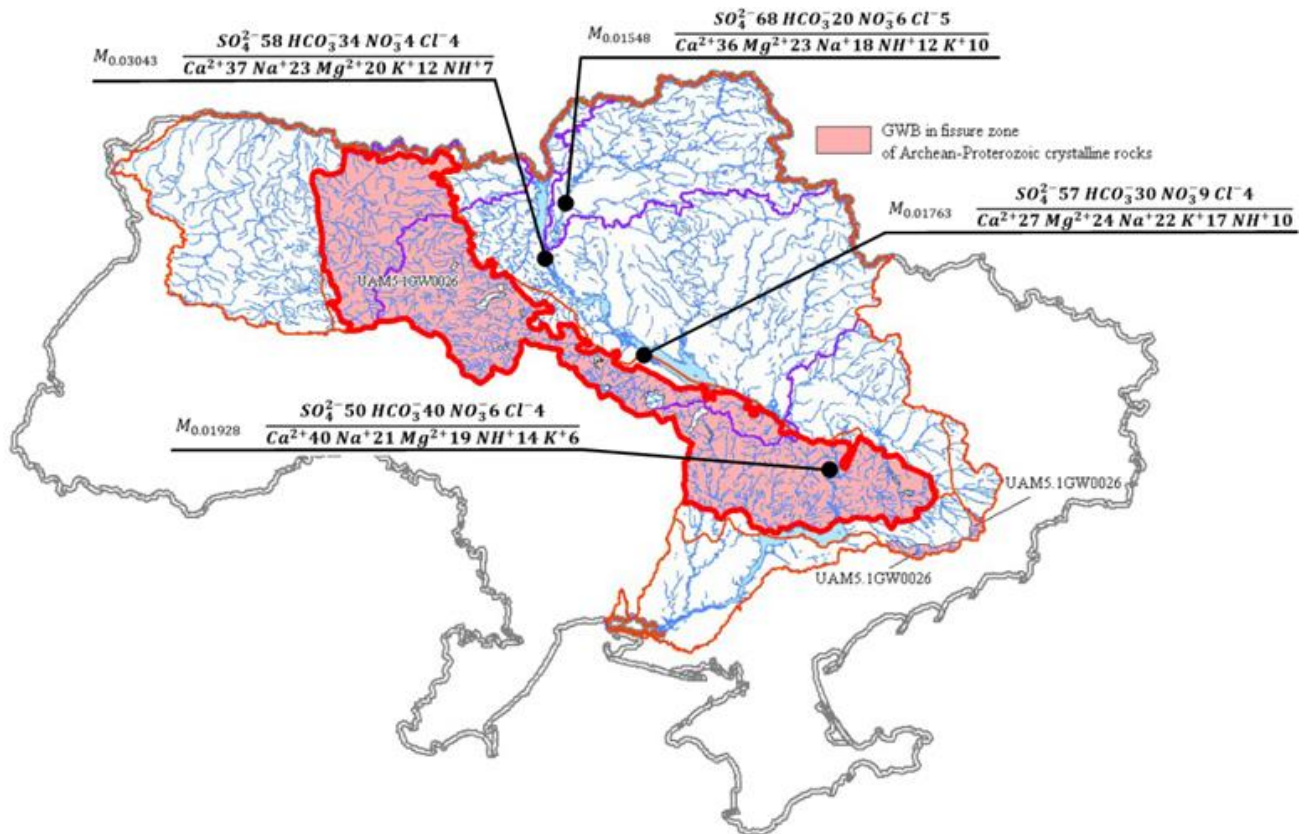


Рис.4.2. Місцерозташування метеостанцій та сольовий склад опадів

Таблиця 4.1. Визначення формули сольового складу на метеостанціях
(Осадчий та ін., 2008)

Метеостанція	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+
Остер	2.7	7.16	0.41	0.81	1.55	0.6	0.91	0.89	0.45
	$M_{0.01548} \frac{\text{SO}_4^{2-} 68 \text{HCO}_3^- 20 \text{NO}_3^- 6 \text{Cl}^- 5}{\text{Ca}^{2+} 36 \text{Mg}^{2+} 23 \text{Na}^+ 18 \text{NH}^+ 12 \text{K}^+ 10}$								
Київ	2.7	7.16	0.41	0.81	1.55	0.6	0.91	0.89	0.45
	$M_{0.03043} \frac{\text{SO}_4^{2-} 58 \text{HCO}_3^- 34 \text{NO}_3^- 4 \text{Cl}^- 4}{\text{Ca}^{2+} 37 \text{Na}^+ 23 \text{Mg}^{2+} 20 \text{K}^+ 12 \text{NH}^+ 7}$								
Черкаси	4.14	6.68	0.34	1.34	1.29	0.68	1.2	1.54	0.42
	$M_{0.01763} \frac{\text{SO}_4^{2-} 57 \text{HCO}_3^- 30 \text{NO}_3^- 9 \text{Cl}^- 4}{\text{Ca}^{2+} 27 \text{Mg}^{2+} 24 \text{Na}^+ 22 \text{K}^+ 17 \text{NH}^+ 10}$								
Лохкарівка	6.32	6.25	0.37	1.11	2.08	0.61	1.3	0.57	0.67
	$M_{0.01928} \frac{\text{SO}_4^{2-} 50 \text{HCO}_3^- 40 \text{NO}_3^- 6 \text{Cl}^- 4}{\text{Ca}^{2+} 40 \text{Na}^+ 21 \text{Mg}^{2+} 19 \text{NH}^+ 14 \text{K}^+ 6}$								

Як засвідчили результати аналізу, мінералізація атмосферних вод відносно низька і рівномірна. Атмосферні води ультрапрісні, до 20 мг/дм^3 . Просторових закономірностей розподілу мінералізації атмосферних опадів не спостерігається. Хімічний склад атмосферних опадів витриманий – гідрокарбонатно-сульфатний або сульфатний кальцієвий. Якість атмосферних вод приблизно однакова і, очевидно, практично не впливає на формування хімічного складу підземних вод.

4.1.3. Аналіз хімічного складу поверхневих і ґрунтових вод

Всі природні води у зоні активного водообміну тісно взаємопов'язані. Так, розвантаження досліджуваного водоносного горизонту відбувається в долинах річок. З іншого боку, частина живлення надходить з вищезалягаючих водоносних горизонтів, передовсім у повсюдно поширених четвертинних відкладах. Тією чи іншою мірою як поверхневі води, так і водоносні горизонти, що залягають близько до поверхні, підпорядковуються географічній гідрохімічній зональності.

На рис.4.3 наведено мінералізацію поверхневих вод, визначених за результатами пошукових робіт КП «Кіровгеологія» (Люта, 2022). Як видно з рисунку, проби, у яких масово фіксується перевищення нормативного показника мінералізації ($1,0 \text{ г/дм}^3$), були відібрані на широті розміщення м. Кропивницького.

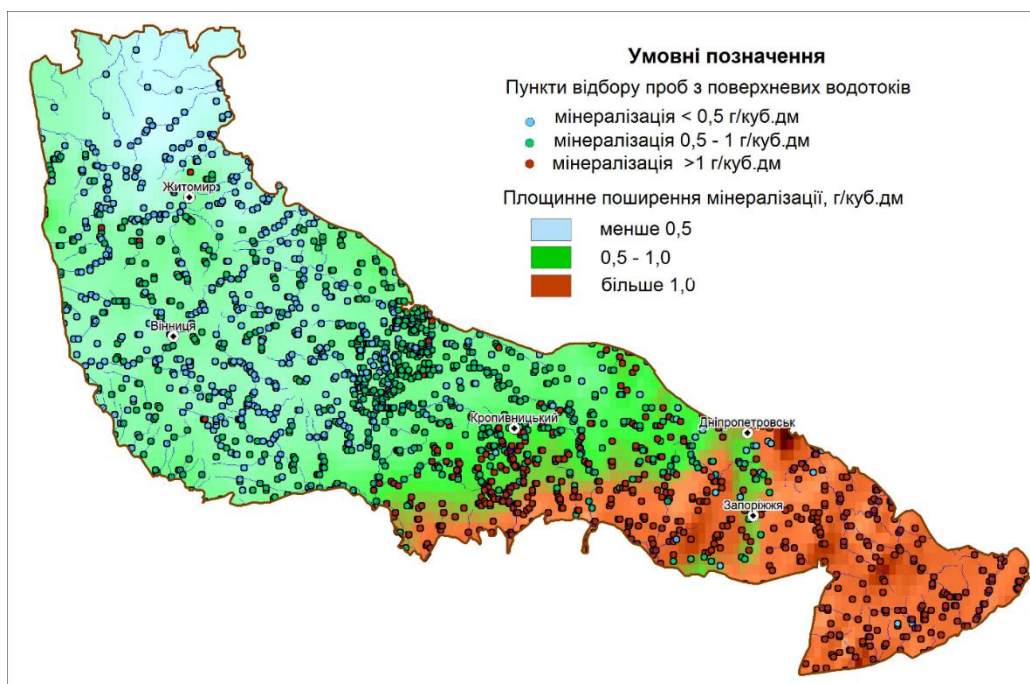


Рис. 4.3 Мінералізація поверхневих вод на території ГОУЩ (Люта, 2022)

У ґрунтових водах, що містяться в породах четвертинного віку на площі УЩ, спостерігається значна мінливість хімічного складу. Південні частини кристалічного масиву мають підвищений вміст розчинних солей у товщі четвертинних відкладів, що пов'язано зі змінами кліматичних умов і природними процесами засолення. Води, які містять високу мінералізацію, характеризуються збільшенням кількості хлору, сульфатів і частково натрію, а також близькістю до моря. У північно-західній частині площі УЩ поширені прісні гідрокарбонатні кальцієві води, а в середній частині масиву води мають сульфатно-гідрокарбонатний кальцієво-натрієвий склад (Саніна та Сиротенко, 2008). Мінералізація збільшується в південному напрямку від 0,1-0,5 до 1-3 г/дм³.

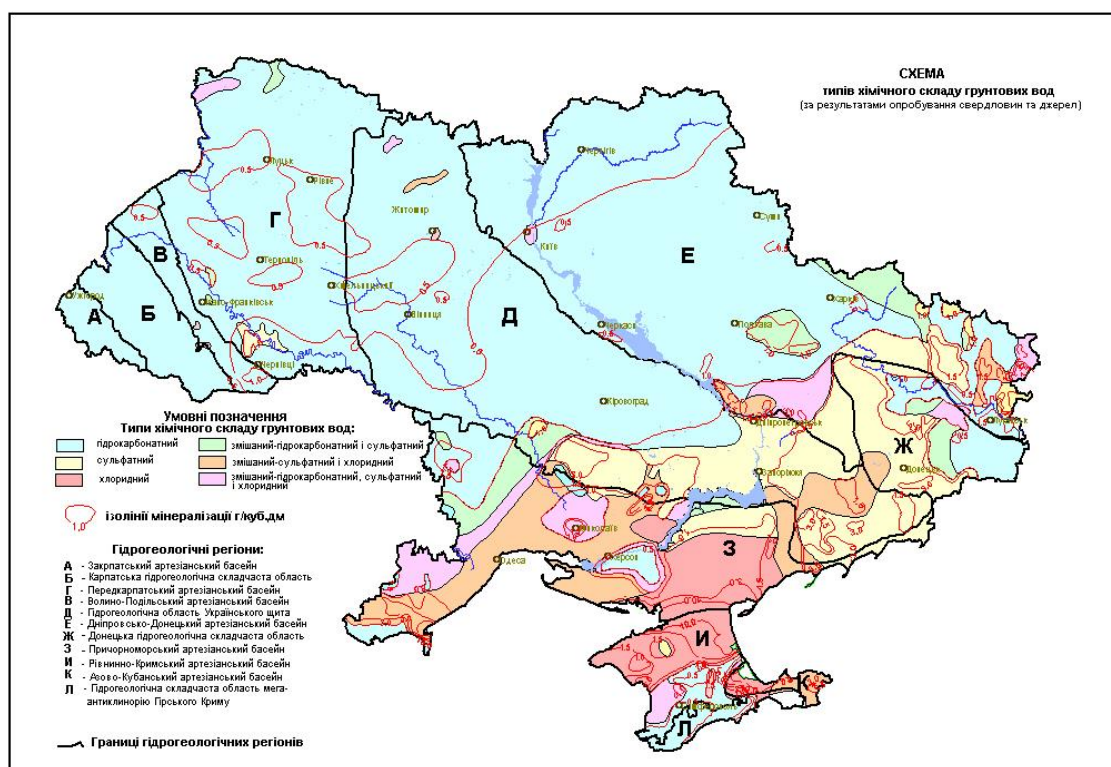


Рис.4.4 Схема типів хімічного складу ґрунтових вод (Саніна та Сиротенко, 2008).

4.1.4. Аналіз просторового поширення вод з різною мінералізацією та хімічним складом

Для оцінки особливостей поширення вод з різною мінералізацією та макрокомпонентним складом підземних вод було зібрано, проаналізовано та узагальнено інформацію щодо початкової мінералізації та хімічного типу вод досліджуваного водоносного горизонту, наведену у Державному балансі запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води (*Державний баланс, 2021*) (табл. 4.2).

Табл 4.2 Використані дані для оцінки особливостей поширення вод з різною мінералізацією та макрокомпонентним складом

Область	Родовище, ділянка	Рік введ.в експл.	Індекс	Порода	покрівля		підшова		хім.склад	Мінералізація початкова			Експлуатується
					мін	макс	мін	макс		Початковий	від	до	
Вінницька	КОЗЯТИНСЬКЕ ВЕРНИГОРОДСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	22	62	82,5	120	HCO ₃ Ca	0,4	0,5	0,45	ні
Вінницька	КОЗЯТИНСЬКЕ КОЗЯТИНСЬКА	1974	AR-PR1	граніт	10	23,3	45,9	51,9	HCO ₃ Ca	0,4	0,5	0,45	так
Вінницька	КОЗЯТИНСЬКЕ СОКІЛЕЦЬКА	не експлуат.	AR-PR1	гнейс	29	72,5	107,4	129	HCO ₃ Ca	0,4	0,5	0,45	ні
Вінницька	ПОГРЕБИЩЕНСЬКЕ БАЛАШКИНСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	11,4		38,0		HCO ₃ MgCa				ні
Вінницька	ПОГРЕБИЩЕНСЬКЕ ЛЯХІВСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	7,8	60,7	41,5	105,5	HCO ₃ MgCa	0,6	0,7	0,65	ні
Вінницька	ПОГРЕБИЩЕНСЬКЕ ПОГРЕБИЩЕНСЬКА	1971	AR-PR1	граніт	22	28	28,0	95	HCO ₃ MgCa	0,5			так
Дніпропетровська	ІГРЕНСЬКЕ ІГРЕНСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	25	35,4	49,0	55	SO ₄ HCO ₃ NaCa	0,48	0,72	0,6	ні
Житомирська	АНДРУШІВСЬКЕ АНДРУШІВСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніто-гнейс	22,8	82,5	68,0	128,3	HCO ₃ MgCa	0,4	0,5	0,45	ні
Житомирська	БАРАНІВСЬКЕ БАРАНІВСЬКА 1	1936	AR-PR1	гнейс	8	18	62,9	85,5	HCO ₃ MgCa	0,1	0,3	0,2	так
Житомирська	БАРАНІВСЬКЕ БАРАНІВСЬКА 2	не експлуат.	AR-PR1	граніто-гнейс	18	18	100,0	100	HCO ₃ MgCa	0,3	0,4	0,35	ні
Житомирська	БЕРДИЧІВСЬКЕ БЕРДИЧІВСЬКА	1927	AR-PR1	мігматит	12	42	69,0	170	HCO ₃ CaMg	0,2	0,7	0,45	так
Житомирська	БЕРДИЧІВСЬКЕ ГРИШКОВЕЦЬКА	2007	AR-PR1	мігматит	40		132,5		HCO ₃ Ca	0,3	0,5	0,4	так
Житомирська	БЕРДИЧІВСЬКЕ НИЗГОРЕЦЬКА	не експлуат.	AR-PR1	мігматит	41,2	45,6	116,0	125,8	HCO ₃ Ca	0,2	0,5	0,35	ні
Житомирська	БЕРДИЧІВСЬКЕ ПІВНІЧНА	не експлуат.	AR-PR1	мігматит	30	43	94,0	124	HCO ₃ Ca	0,2	0,7	0,45	ні
Житомирська	БЕРДИЧІВСЬКЕ СЕМЕНІВСЬКА	1985	AR-PR1	мігматит	29,6	45,9	130,5	133,2	HCO ₃ Ca	0,3	0	0,15	так
Житомирська	БЕРДИЧІВСЬКЕ ПІВДЕННА	1975	AR-PR1	мігматит	30,4	42	97,0	122,2	HCO ₃ Ca	0,2	0,5	0,35	так
Житомирська	РЕЙСЬКЕ РЕЙСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	мігматит	15	48	80,0	100	HCO ₃ CaMg	0,1	0,4	0,25	ні
Житомирська	ВОЛОДАРСЬКО-ВОЛИНСЬКЕ ВОЛОДАРСЬКО-ВОЛИНСЬКА 1	1971	AR-PR1	граніт	9,5	14	77,7	104	HCO ₃ Ca	0,2	0,4	0,3	так
Житомирська	ВОЛОДАРСЬКО-ВОЛИНСЬКЕ ВОЛОДАРСЬКО-ВОЛИНСЬКА 2	не експлуат.	AR-PR1	граніт	4,7	16	37,5	88,6	HCO ₃ Ca	0,1	0,2	0,15	ні
Житомирська	ДЗЕРЖИНСЬКЕ ДЗЕРЖИНСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	28	35	70,0	97	HCO ₃ MgCa	0,1	0,6	0,35	ні
Житомирська	ДЗЕРЖИНСЬКЕ СХІДНА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	24	47	84,0	102	HCO ₃ MgCa	0,1	0,6	0,35	ні

Житомирська	ЄМІЛЬЧИНСЬКЕ ЄМІЛЬЧИНСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	19,5	21	62,0	85	HCO ₃ Ca	0,2	0,4	0,3	ні
Житомирська	КОРОСТИШІВСЬКЕ ККП	1970	AR-PR1	граніт	14	18	100,0	140	HCO ₃ Ca	0,1	0,9	0,5	так
Житомирська	КОРОСТИШІВСЬКЕ ХАРИТОНІВСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	8	35	60,0	90	HCO ₃ Ca	0,3	0,9	0,6	ні
Житомирська	ЛЮБАРСЬКЕ МАРКІВСЬКА	1973	AR-PR1	мігматит	5	24,5	65,0	110	HCO ₃ Ca	0,2	0,8	0,5	так
Житомирська	ГОРОДНИЦЬКЕ БЕЗІМ'ЯННА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	5,2	17	40,0	72,5	HCO ₃ MgCa	0,1	0,3	0,2	ні
Житомирська	ЧИЖІВСЬКЕ ЧИЖІВСЬКА	2009	PCM	граніт	20	34,8	76,0	94	HCO ₃ MgCa			0,2	так
Житомирська	ОЛЕВСЬКЕ СХІДНА	не експлуат.	AR-PR1	мігматит	4	12	57	80	HCO ₃ CaMg	0,1	0,6	0,35	ні
Житомирська	ОЛЕВСЬКЕ ЗАХІДНА	не експлуат.	AR-PR1	мігматит	1	14,6	50	100	HCO ₃ CaMg	0,1	0,6	0,35	ні
Житомирська	РАДОМИШЛЬСЬКЕ РАДОМИШЛЬСЬКА	1962	AR-PR1	граніто-гнейс	11	50	90	108	HCO ₃ CaMg	0,3	0,5	0,4	так
Житомирська	НЕГРЕБІВСЬКЕ НЕГРЕБІВСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	10	54	30	150	HCO ₃ CaMg	0,3	0,4	0,35	ні
Житомирська	РУЖИНСЬКЕ РУЖИНСЬКА 1	не експлуат.	AR-PR1	граніт	10	28,8	82	110	HCO ₃ CaMg	0,4	0,5	0,45	ні
Житомирська	РУЖИНСЬКЕ РУЖИНСЬКА 2	1967	AR-PR1	граніт	42	43	87	135	HCO ₃ CaMg	0,4	0,5	0,45	так
Житомирська	ЧЕРНЯХІВСЬКЕ ПІВДЕННА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	8,2	66	60	123,5	HCO ₃ MgCa	0,2	0,4	0,3	ні
Житомирська	ЧУДНІВСЬКЕ БУДИЧАНСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	16	33	81	84	HCO ₃ Ca	0,3	0,4	0,35	ні
Запорізька	ГУЛЯЙПІЛЬСЬКЕ ГУЛЯЙПІЛЬСЬКА 3	1956	PCM	граніт	64	74	100	110	SO ₄ Cl CaMg	1	1,2	1,1	так
Київська	СЛОБІДСЬКЕ СЛОБІДСЬКА 3	2006	PCM	граніт	53		62,2		HCO ₃ MgCa	0,27	0,37	0,32	так
Київська	СКВИРСЬКЕ ДОМАНТІВСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	18	25,2	84,5	110,1	HCO ₃ CaMg	0,32	0,45	0,385	ні
Київська	СКВИРСЬКЕ ПІВНІЧНО-СХІДНА	1972	AR-PR1	граніт	13,16	40,5	93,7	123,4	HCO ₃ CaMg	0,33	0,41	0,37	так
Київська	СКВИРСЬКЕ СЕЛЕЗЕНІВСЬКА	1978	AR-PR1	граніт	11,6	42	67,5	106,5	HCO ₃ CaMg	0,26	0,52	0,39	так
Київська	ТАРАЩАНСЬКЕ ПІВНІЧНО-СХІДНА	1972	AR-PR1	граніт	3,5	20,8	97,6	114	HCO ₃ CaMg	0,34	0,5	0,42	так
Київська	ТАРАЩАНСЬКЕ УЛАШІВСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	37,8	61,8	101	117,9	HCO ₃ CaMg	0,39	0,41	0,4	ні
Київська	ТЕТІЇВСЬКЕ ПІВДЕННО-СХІДНА	1980	AR-PR1	амфіболіти	36,9	91	56,5	126	HCO ₃ CaMg	0,41	0,56	0,485	так
Київська	ТЕТІЇВСЬКЕ ПІВДЕННО-ЗАХІДНА	не експлуат.	AR-PR1	мігматит	6	31	52,8	101	HCO ₃ CaMg	0,4	0,49	0,445	ні
Кіровоградська	ДОЛИНСЬКЕ ЛОЗОВАТСЬКА	1981	AR-PR1	граніто-гнейс	10	46	79	121,5	HCO ₃ SO ₄ Na	0,6	1,7	1,15	ні

Кіровоградська	ПОЛЬОВЕ ПОЛЬОВА		PCM	граніт	64,5		73		HCO ₃ SO ₄ NaCaMg	0,86	0,88	0,87	
Рівненська	КОРЕЦЬКЕ ЖАДКІВСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	4	10	64	80	HCO ₃ CaMg	0,3	1,1	0,7	ні
Рівненська	КОРЕЦЬКЕ КОРЕЦЬКА	1968	AR-PR1	граніт	12	14	68	115	HCO ₃ CaMg	0,3	0,6	0,45	ні
Рівненська	КОРЕЦЬКЕ КАЛІНІВСЬКА	не експлуат.	AR-PR1	граніт	3,5	8	54	79	HCO ₃ CaMg	0,3	1,1	0,7	ні
Рівненська	РОКИТНІВСЬКЕ РОКИТНІВСЬКА ПІВДЕННА	1965	AR-PR1	граніт	4	11,5	50	73,8	HCO ₃ Ca	0,1	0,2	0,15	так
Хмельницька	СТАРОСИНЯВСЬКЕ ККП	1977	AR- PR1+N1S	вапняк- черепашняк	20	21	80	80	HCO ₃ CaMg	0,3	0,4	0,35	так
Кіровоградська	КОМПАНІЇВСЬКА 1	1999	AR-PR1	Гнейс					HCO ₃ SO ₄ NaCa	0,9	1,3	1,1	так

За інтервалом початкової мінералізації визначено середню мінералізацію, яку було використано для побудови карти-схеми (рис.4.5).

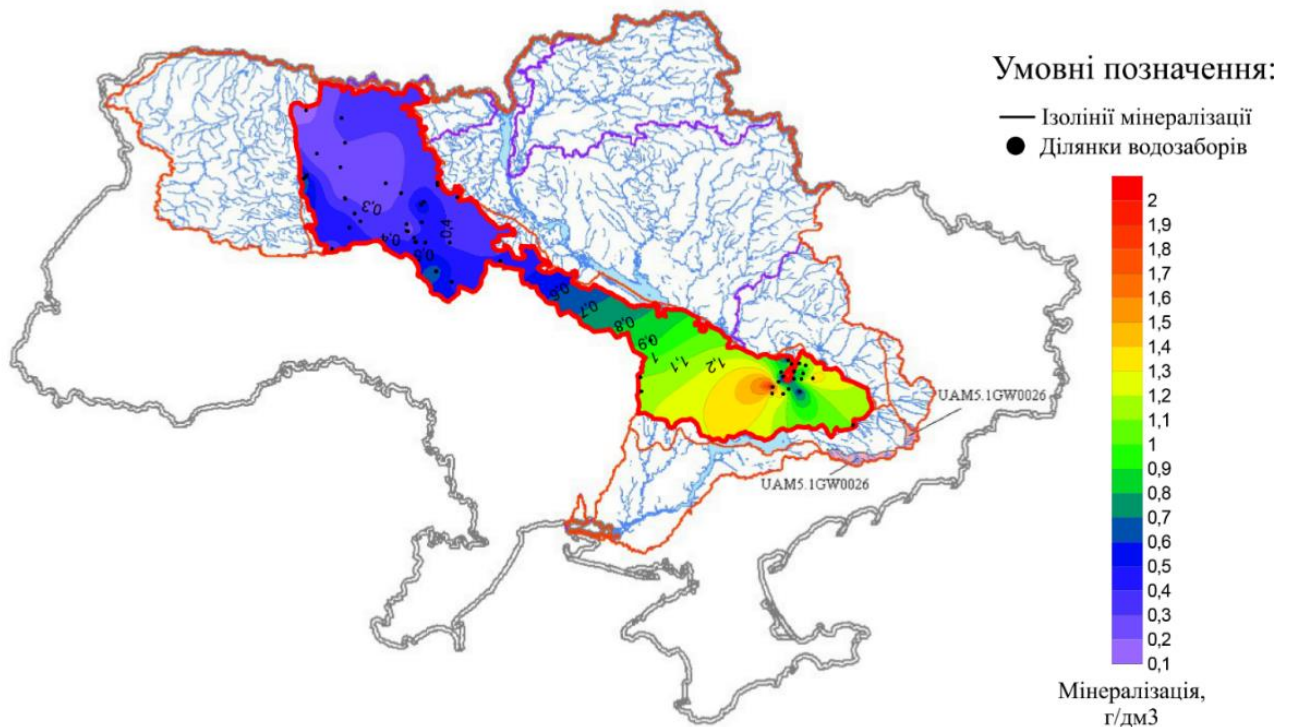


Рис.4.5. Карта-схема початкової мінералізації підземних вод водоносного горизонту зони тріщинуватості порід архею-протерозою у басейні р.Дніпра

Початкова мінералізація характеризує якісний стан води на момент розвідки, і, беручи до уваги час введення водозаборів в експлуатацію, можна з певною часткою умовності вважати, що вона у більшості випадків відображає природний хімічний стан підземних вод. Як видно з рисунку, для вод досліджуваного горизонту характерна яскраво виражена природна гідрохімічна зональність, що проявляється у збільшенні мінералізації з північного заходу на південний схід відповідно з 0,2-0,5 г/дм³ до понад 1,2 г/дм³.

Те ж саме можна сказати і про аніонний тип води (рис.4.6), який у тому ж напрямку змінюється з гідрокарбонатного на сульфатно-хлоридний.



Рис.4.7 Карта-схема аніонного складу підземних вод водоносного горизонту зони тріщинуватості порід архею-протерозою у басейні р.Дніпра

На території Житомирської області водовмісними породами є граніти, мігматити і гнейси. Мінералізація підземних вод у кристалічних породах тут низька, переважно до 0,5 г/дм³, причому нижня межа коливань мінералізації по свердловинах нерідко становить 0,1 г/дм³. Найнижча мінералізація переважно фіксується у свердловинах, що розкривають водоносний горизонт на незначній глибині – до 10 м. Хімічний склад води здебільшого гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий, рідше гідрокарбонатний кальцієвий. До речовин, вміст яких перевищує гранично допустимі концентрації у воді на окремих водозаборах, належать залізо, марганець, амоній, кремній та нафтопродукти. На окремих ділянках у підземних водах відзначається підвищений вміст радону (Люта, 2022; Стан підземних вод, 2021).

На **Київщині** водоносний горизонт у кристалічних породах експлуатується у південній частині області. Водовмісними є граніти. Хімічний склад води

гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий, мінералізація переважно 0,3-0,5 г/дм³. До речовин, вміст яких перевищує гранично допустимі концентрації (Люта, 2022; Стан підземних вод, 2021), належать залізо та марганець.

Лише незначна частка території Вінниччини належить до басейну Дніпра. Тут водовмісними є граніти. Підземні води гідрокарбонатного магнієво-кальцієвого, рідше гідрокарбонатного кальцієвого і гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого складу з мінералізацією 0,3-0,7 г/дм³.

У **Черкаській області** водовмісні породи представлені переважно мігматитами. Підземні води гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого складу, на окремих водозаборах (с. Маньківка) – хлоридно-сульфатного магнієво-кальцієвого складу, мінералізація переважно 0,3-0,8 г/дм³, подекуди, на півдні області, до 1,3-1,5 г/дм³.

Кіровоградська область найменш забезпечена ресурсами підземних вод через те, що вона цілком розміщена в межах ГОУЩ та в зоні нестійкого зволоження. Водовмісні кристалічні породи – граніти і гнейси. Макрокомпонентний склад вод тут є більш строкатим, нерідко двокомпонентним аніонним і трикомпонентним катіонним. У воді половини водозаборів серед катіонів провідну роль відіграє натрій, часто відзначається значний вміст сульфат-іонів. Мінералізація стає ще трохи вищою – переважно 0,4-0,9 г/дм³, нерідко перевищує 1 г/дм³. До речовин, вміст яких перевищує ГДК, належать аміак і пестициди (Люта, 2022).

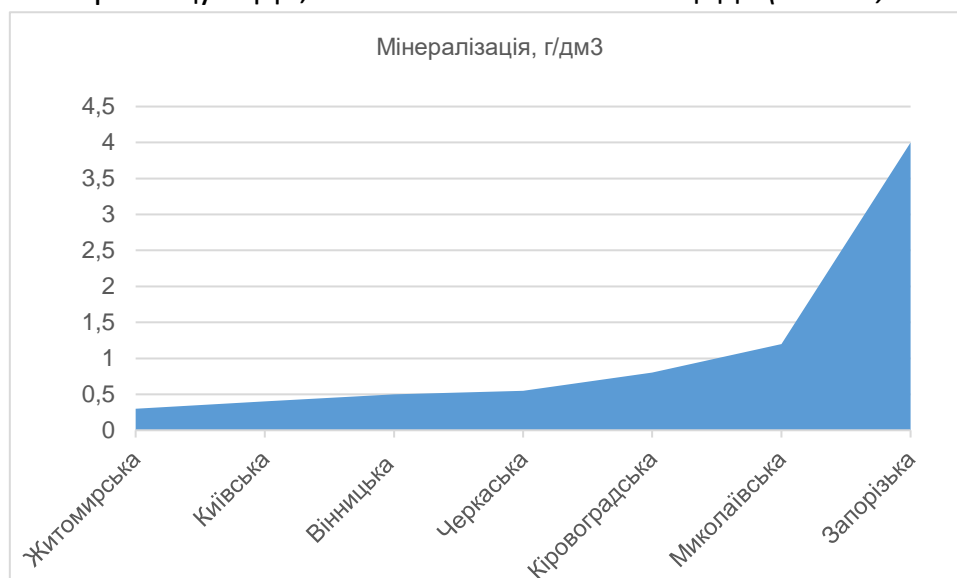


Рис.4.8 Зміни мінералізації підземних вод водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід (Люта, 2022).

У **Дніпропетровській області** роль водоносного горизонту в кристалічних породах у водопостачанні населення незначна. Єдине розвідане Ігреське родовище, його води приурочені до гранітів, за складом сульфатно-гідрокарбонатні натрієво-кальцієві з мінералізацією 0,5-0,72 г/дм³. На значній частині території області в межах ГОУЩ експлуатаційні запаси підземних вод не розвідувались і не затверджувались через слабку проникність і складну фільтраційну неоднорідність кристалічних порід (Лютій, Саніна, 2021).

На **Миколаївщині** водоносний горизонт у кристалічних породах розвинутий у північній частині області. Водовмісні кристалічні породи - гнейси. Запаси затверджені по двох ділянках. Одна свердловина використовується для водопостачання населення смт Криве Озеро, хімічний склад води хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатний кальцієво-магнієво-натрієвий, мінералізація 0,6-0,9 5 г/дм³. Друга ділянка розміщена у Первомайському районі, вода використовується для потреб промислового підприємства. Вода гідрокарбонатно-сульфатна магнієво-кальцієва, мінералізація 0,61-1,52 г/дм³. Характерними забруднювальними речовинами підземних вод в області є типові для аграрних регіонів нітрати, нітроти та амоній (Люта, 2022; Стан підземних вод, 2021).

У межах ГОУЩ в **Запорізькій області** водоносний горизонт практично не вивчався і запаси не оцінювалися, очевидно, у зв'язку з низькою якістю підземних вод (Лютій, Саніна, 2012). Єдине Васинівське родовище, по якому оцінені запаси підземних вод у неогенових і протерозойських породах, містить підземні води у протерозойських гнейсах хлоридно-гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого складу з мінералізацією 4,0-4,3 г/дм³.

На півдні **Донецької області** мінералізація підземних вод у докембрійських кристалічних породах становить переважно 3,0-5,0 г/дм³ подекуди сягаючи 8 г/дм³ і більше (Шестопапов, 2020; Камзіст, Шевченко, 2009).

Отже, води досліджуваного водоносного горизонту суттєво різняться за якістю в межах території свого поширення. У північній частині за показником сухого залишку (мінералізації) вони є відповідають нормам фізіологічної повноцінності, встановленим ДСанПіН 2.2.4-171-10. У південній частині мінералізація, як правило, перевищує норматив.

Порівняння хімічного складу вод у зоні тріщинуватості архею-протерозою зі складом поверхневих вод свідчить про їхній суттєвий взаємозв'язок. Як і ґрунтові води, води у докембрійських тріщинуватих породах підпорядковуються природній географічній гідрохімічній зональності. Такий зв'язок, з одного боку, забезпечує формування ресурсів підземних вод у кристалічних породах, а з іншого – робить їх уразливими до забруднення.

ДНВП "Геоінформ" повідомляє, що рівень різних речовин у водах тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію перевищує нормативи, встановлені ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". Ці речовини можуть бути природного або антропогенного походження. Речовини природного походження, такі як залізо та марганець, поширені і надходять з гумідних вод ґрунту. Покращення якості води можливе тільки за допомогою відповідної водопідготовки. Недостатня захищеність водоносного горизонту кристалічних порід у Поліській зоні та гідравлічний зв'язок з ґрунтовими водами вище викликають поширення вод з високим вмістом заліза та марганцю.

Підземні води, що протікають в кристалічних породах, мають тенденцію до високого рівня радону, який залежить від складу та тріщинуватості порід. Для забезпечення безпеки, необхідно контролювати рівень радону, щоб він відповідав Нормам радіаційної безпеки України (НРБУ-97, п.8.6.4). Крім того, у зоні

тріщинуватості водоносного горизонту знаходяться родовища радонових мінеральних вод у різних областях України. На даний момент, 29 ділянок з родовищами було виявлено, з яких 6 не експлуатуються. Можливий видобуток радонових вод на цих ділянках, але загальний обсяг не перевищує 5-10% від затверджених запасів. Також є перспективи для виявлення нових родовищ та нарощування видобутку радонових мінеральних вод на вже існуючих родовищах. *(Люта 2022)*

Підземні води у кристалічних породах часто містять понаднормовий (10 мг/дм³) вміст кремнію. Кремній потрапляє в воду під час вивітрювання силікатних порід.

У північній частині басейну подекуди у воді в тріщинуватих породах трапляється підвищений вміст амонію, обумовлений природними чинниками. Антропогенне походження амонію у південних регіонах пов'язане із використанням органічних та азотних добрив у сільському господарстві.

У північних та південних областях виявлено забруднення підземних вод нітратами та пестицидами в тріщинуватій зоні кристалічних порід. Забруднення ґрунтових вод нітратами є поширеним у зонах сільськогосподарських. *(Люта 2022)*

4.1.5. Зміни якісного складу підземних вод у часі

Стан водних ресурсів в Україні сьогодні серйозно погіршився через вплив людської діяльності. За даними Державного агентства водних ресурсів України, майже всі водні ресурси стали сильно забрудненими через зростання антропогенного навантаження. Промислові та комунальні стоки, які містять важкі метали, органічні речовини та бактеріологічні забруднювачі, сприяють забрудненню водних ресурсів. Близько 90% проб з річки Дніпро показали перевищення рівня забруднюючих речовин або показників фізико-хімічного стану поверхневих вод. У такій ситуації підземні води стають важливим джерелом питної

води, оскільки вони є більш чистими (*План управління річковим басейном Дніпра, 2021*).

Проте важливо зазначити, що підземні води в басейні Дніпра також відчувають значний антропогенне навантаження, яке пов'язане з історичним розвитком поселень, розташованих поруч з річками. Розвиток економічного комплексу в басейні Дніпра відбувався без належного урахування екологічних наслідків. Це призвело до зайвої концентрації великих промислових центрів у цьому регіоні. У долині Дніпра та його притоках сформувалася найбільша житлова та промислова агломерація в Україні, яку складають столиця Київ і обласні центри, такі як Дніпро, Запоріжжя, Черкаси, Чернігів та інші. У цих містах зосереджені підприємства паливно-енергетичного комплексу, металургії, машинобудування, хімічної та гірничодобувної промисловості, а також комунальні підприємства та сільськогосподарські підприємства. (*Гошовський та ін., 2019, 2020*).

Існують два типи джерел забруднення природних вод: точкові і дифузні. Точкові джерела забруднення пов'язані з конкретними локалізованими об'єктами, такими як скиди з очисних споруд. Дифузні джерела антропогенного забруднення не можуть бути прив'язані до певних локалізованих об'єктів; це розпорошені джерела забруднення, які неможливо однозначно відслідкувати, наприклад, змив забруднень у водні об'єкти з водозбірних територій.

Інформація про точкові джерела забруднення в Україні наведена нижче.

Таблиця 4.3 Точкові джерела забруднення по регіонах України**(Стан підземних вод, 2021)**

№	Адміністративні утворення (області)	Викиди в атмосферне повітря, тис. т	Скиди рідких відходів, млн.м ³	Тверді відходи, тис. т
1	Вінницька	15,3	6,2	230,8
2	Дніпропетровська	657,3	680,5	243114,7
3	Донецька	208,8	213,3	5967,7
4	Житомирська	10,2	73,7	545,1
5	Запорізька	85,1	461,2	2414,1
6	Київська	42,2	249,3	855,8
7	Кіровоградська	4,3	17,4	43140,0
8	Миколаївська	3,7	18,9	610,4
9	Черкаська	28,9	74,1	775,7
	Всього	1 055,8	1794,6	297654,3

Згідно з таблицею, Дніпропетровська область має найвищий рівень навантаження від точкових джерел забруднення.

Незахищені водоносні шари в агроландшафтах значно впливають на дифузні джерела забруднення через використання добрив і пестицидів. Україна широко застосовує ці засоби, річний обсяг мінеральних добрив становить близько 14 823 тис. тонн, а пестицидів – понад 26,34 тис. тонн. Земельні ділянки, на які вносяться хімічні речовини, є значними, особливо враховуючи структуру земельного фонду басейну Дніпра, де близько 59% площі призначено для сільськогосподарського використання. Циркуляція токсичних речовин, що потрапляють у ґрунт з використанням хімічних засобів, призводить до забруднення верхніх шарів ґрунту та підземних вод у зоні аерації.

З врахуванням зростаючого використання хімічних засобів, тривалого періоду їх застосування і стійкості пестицидів до розпаду, існує ризик забруднення особливо ґрунтових вод і інших незахищених водоносних шарів, до яких належить і вивчений горизонт на певній території. Надлишки мінеральних і органічних добрив (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, залізо, а також марганець, бор,

мідь, цинк, молібден, йод, кобальт та інші), які не засвоюються рослинами, потрапляють у верхні шари ґрунту та підземні води. Таким чином, органічні мінеральні добрива зокрема стають джерелом надходження азоту (нітратів, нітритів, аміаку) у підземні води (*План управління річковим басейном Дніпра, 2021*).

Ускладнені умови формування підземних вод, спільно з інтенсивним впливом людської діяльності, призводять до перевищення нормативних показників якості питної води, встановлених ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води, призначеної для споживання людиною", на багатьох водозабірних ділянках.

Згідно з даними Щорічника про стан підземних вод (*Стан підземних вод, 2021*), найбільш поширеним джерелом забруднення міжпластових підземних вод є вплив поверхневих систем утилізації дренажних вод гірничодобувної промисловості, неконтрольованих сміттєзвалищ для промислових відходів, мінеральних добрив, хімічних речовин, тваринницьких комплексів, нафтопереробних заводів та інших місцевих об'єктів, які мають негативний вплив на стан підземних вод.

У результаті концентрації сміттєзвалищ та забруднюючих відходів через наявність великої кількості промислових підприємств та населення, утворюються зони промислового забруднення підземних вод (наприклад, у промисловій зоні Кривого Рогу – Дніпропетровської та Запорізької областей). Використання мінеральних та органічних добрив, а також пестицидів у сільському господарстві на півдні України також призводить до погіршення якості підземних вод. Хоча цей процес менш інтенсивний, він має регіональний характер, особливо на півдні. Таким чином, значна техногенна навантаження на цю територію призвело до формування стійких зон забруднення підземних вод. (*Стан підземних вод, 2021*)

Інформація про розташування основних осередків забруднення підземних вод та водозаборів з дослідженими запасами, які були виявлені у 2019 році, наведена в таблиці за адміністративними областями (Табл. 4.4).

Таблиця 4.4 Розподіл основних осередків та водозаборів, на яких спостерігалось забруднення підземних вод по адміністративних областях (Стан підземних вод, 2021)

Адміністративна одиниця	Кількість осередків забруднення, в дужках, що не спостер.	Кількість водозаборів, де спостерігалось забруднення підземних вод	Основні забруднювачі	Кількість основних забруднювачів
Вінницька	8(8)	3	мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, нітрати, залізо	6
Дніпропетровська	21(10)	1	мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, нітрати, бром, фтор, бор, натрій, стронцій, марганець, залізо, карбаміди, нафтопродукти	14
Донецька	6(3)	32	мінералізація, загальна жорсткість, сульфати, хлориди, натрій, амоній, хром, феноли, роданіди, нафтопродукти, залізо, марганець	12
Житомирська	1(1)	5	загальна жорсткість, залізо, нафтопродукти	3
Запорізька	5(5)	10	мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, натрій, пестициди, нітрати, нафтопродукти	8
Київська	10(10)	16	сухий залишок, загальна жорсткість, хлориди, залізо природного походження, нітрати, амоній, аміак, нафтопродукти, побутові відходи	9

Кіровоградська	8(8)	2	мінералізація, загальна жорсткість, сульфати, пестициди, нітрати, аміак, нафтопродукти	7
Миколаївська	10(10)	3	мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, нітрати, амоній, марганець, хром, залізо	9
Черкаська	16(16)	16	мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, загальне залізо, нітрати, нітроти, амоній, пестициди, нафтопродукти	10

Отже, показниками, що перевищують нормативи ДСанПіН 2.2.4-171-10 і найбільш характерними забрудниками підземних вод у басейні Дніпра є: мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, залізо, амоній, нітрати та нафтопродукти.

Порівнювання різночасових даних стосовно хімічного складу підземних вод (Рис. 4.9) може дати корисну інформацію про інтенсивність антропогенного впливу. Для оцінки антропогенного впливу на якісний стан досліджуваного водоносного горизонту було проаналізовано інформацію з виданих гідрогеологічних карт масштабу 1: 200 000 Дніпропетровськ М-36-XXXVI за період з 1965 по 2012 роки. (Гидрогеологическая карта СССР, Лист М-36-XXXVI.)(Державна геологічна карта України, Аркуш М-36-XXXVI (Дніпропетровськ).)

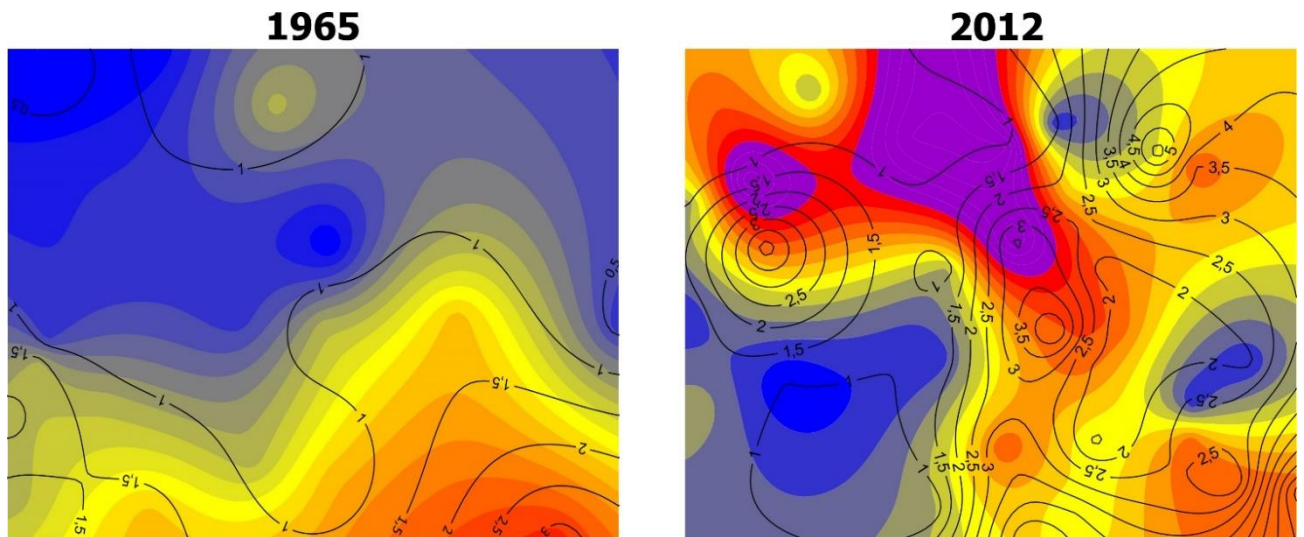


Рис. 4.9. Різномасштабні карти аркуша Дніпропетровськ М-36-XXXVI

З рис. 4.9 можна дійти до висновку, що за 47-річний проміжок часу внаслідок антропогенного впливу мінералізація та іонний склад підземних вод в водоносному горизонті зони тріщинуватості порід архею-протерозою кардинально змінилися. Головною відмінністю можна назвати появу на деяких водопунктах вод змішаного хімічного складу. На 2012р. прісні гідрокарбонатні води мають значно менше поширення, ніж майже півстоліття тому. Їх витіснили води сульфатного та хлоридного складу. На карті 1965р. мінералізація за широтною гідрохімічною зональністю рівномірно зростала на південь, а в 2012р. відсутні будь-які закономірності цієї зональності, що може вказувати на значний антропогенний вплив.

ВИСНОВКИ

Якісний та кількісний стан підземних вод у досліджуваному водоносному горизонті виявилися дуже нерівномірними. Кількість залежить від наявності тріщин та обводненості території, а головним чином – від відстані до поверхневих водних джерел. Якість, зі свого боку, залежить від якості поверхневих і ґрунтових вод, яка, в свою чергу, визначається обсягами інфільтраційного живлення.

Склад вод підпорядковується зональності залежно від широти. Це проявляється в систематичному збільшенні мінералізації підземних вод від 0,1-0,5 г/дм³ на північному заході до понад 4 г/дм³ на південному сході, що відповідає якісному стану ґрунтових і поверхневих вод. В цьому ж напрямку змінюється хімічний склад води, переходячи від гідрокарбонатного кальцієвого до строкатого, з певним переважанням іонів хлору, сульфатів і натрію. Перевищення нормованих значень мінералізації 1 г/дм³ та зміна аніонного гідрокарбонатного складу на строкатий спостерігаються при переході від агрокліматичної зони недостатнього зволоження до помірно посушливої зони.

Було встановлено, що головним чинником формування якості води є кліматичний фактор. При цьому було доведено, що мінералізація опадів вкрай мала, а їх хімічний склад практично не змінюється на території басейну Дніпра, а отже, якісний стан опадів не впливає на якісний стан підземних вод. Залежність хімічного складу та мінералізації підземних вод від складу водовмісних порід встановлена не була. Натомість, головним чинником формування якісного стану підземних вод була встановлена кількість опадів. Окремо слід звернути увагу на антропогенний чинник, який не є головним.

Був проведений аналіз окремої ділянки з області досліджень в часі – за даними 1965 та 2012 років. Було встановлено, що зміна якісного стану підземних вод була кардинальна.

В процесі дослідження були виявлені закономірності щодо розподілу макрокомпонентів у підземних водах, які знаходяться в тріщинуватій зоні

кристалічних порід архею-протерозою. Рекомендується враховувати ці закономірності під час моніторингу підземних вод та їх використання для господарських і питних потреб. Незважаючи на нерівномірний розподіл і різноманітний хімічний склад, більшість розглянутих областей мають перспективи для значного збільшення видобутку підземних вод з водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабинець А. Е., Боровский Б. В., Шестопалов В. М. и др. Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины. К., 1979
2. Василенко Є., Кошкіна О. ТЕХНІЧНИЙ ЗВІТ: ОПИС ХАРАКТЕРИСТИК РАЙОНУ БАСЕЙНУ РІЧКИ ДНІПРО. Водна Ініціатива Європ. Союзу Плюс для країн Сх. партнерства, 2019. 38 с. URL: https://www.euwipluseast.eu/images/2019/07/PDF/EUWI_UA_characteristics_Dnipro_Summary_UA_20190702.pdf
3. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Центрально-Украинская. Лист М-36-XXXVI.
4. Гошовський С., Саніна І., Люта Н. ПІДЗЕМНІ ВОДИ Ідентифікація і розмежування масивів підземних вод у басейні річки Дніпро, Україна. Водна Ініціатива Європ. Союзу Плюс для країн Сх. партнерства, 2019. 117 с. URL: https://www.euwipluseast.eu/images/2019/04/GWB-Delineation-DNIPRO_UA_final.pdf
5. Гошовський С., Саніна І., Люта Н. Розробка проекту ПУРБ річки Дніпра в Україні: фаза 1, крок 2- аналіз навантаження та впливу, екологічних цілей, програма моніторингу підземних вод і трансгранична гармонізація. Водна Ініціатива Європ. Союзу Плюс для країн Сх. партнерства, 2020.
6. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 Державні гігієнічні нормативи. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).
7. Державна геологічна карта України, масштаб 1:200000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-35-XVIII (Фастів), Пояснюв. записка // Єсипчук К.Ю., Возгрін Б.Д., Довгань Р.М. та ін. Київ, 2003. – С.65-67.
8. Державна геологічна карта України, масштаб 1:200000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-35-XXIII (Бердичів), Пояснюв. записка // Деркач С.С., Зенько В.Г., Лафінчук С.В. та ін. Київ, 2002. – С.72-74.

9. Державна геологічна карта України, масштаб 1:200000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-36-ХІХ (Біла Церква), М-36-ХХV (Умань), Пояснюв. записка // Безвинний В.П., Циба М.М., Донець Г.А. та ін. Київ, 2006. – С.117-121.
10. Державна геологічна карта України, масштаб 1:200000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-36-ХХХІ (Первомайськ), Пояснюв. записка // Клочков В.М., Білинська Я.П., Веклич Ю.М., Пійар Ю.К. та ін. Київ, 2004. – С.88-93.
11. Державна геологічна карта України, масштаб 1:200000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-36-ХХХVІ (Дніпропетровськ).
12. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 3. Вінницька область. 39 с.
13. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 5. Дніпропетровська область. 22 с.
14. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2021. Книга 7. Житомирська область. 30 с.
15. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 9. Запорізька область. 29 с.
16. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 11. Київська область. 60 с.
17. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 12. Кіровоградська область. 30 с.
18. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 15. Миколаївська область. 20 с.
19. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 18. Рівненська область. 30 с.
20. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 23. Хмельницька область. 40 с.
21. Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 24. Черкаська область. 33 с.

22. Державний баланс корисних копалин України. Питні підземні води». ДНВП «Геоінформ України». 2017.
23. Державний баланс корисних копалин України. Питні підземні води». ДНВП «Геоінформ України». 2021.
24. Державні санітарні правила і норми ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
25. Камзіст Ж. С. Гідрогеологія України: навчальний посібник / Камзіст Ж. С., Шевченко О. Л. – К.: Фірма "ІНКОС", 2009. – 614 с.
26. Костенко, М. М. (2015). Щодо геотектонічного районування кристалічного фундаменту Українського щита. *Мінеральні ресурси України*, (4), 7-13. вилучено із <https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/article/view/138>
27. Кравчук П. А. Книга рекордів природи. — Луцьк : ПрАТ «Волинська обласна друкарня», 2011. — 336 с. — ISBN 978-966-361-642-1. — С. 228. Найдовша річка України.
28. Люта Н. Г. Сучасний стан і перспективи використання підземних вод водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід (гідрогеологічна область Українського щита) / Наталія Георгіївна Люта. // УДК 556.38. – 2022.
29. Лютий Г.Г., Саніна І.В., Люта Н.Г. Методичні засади підвищення результативності буріння експлуатаційних свердловин на воду в складних умовах Українського щита. *Мінеральні ресурси України*. 2016. № 1. С. 16-22.
30. Лютий Г.Г., Саніна І.В. .Розроблення та наукове обґрунтування системи моніторингу експлуатаційних запасів підземних питних вод державного рівня. Звіт УкрДГРІ. Київ, 2021.
31. Медико-гідрогеохімічні чинники геологічного середовища України / за ред. доктора геолого-мінералогічних наук, доктора географічних наук, доктора технічних наук, професора Г.І. Рудька. – Київ – Чернівці: Букрек, 2015. – 724 с.

32. Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод. Мінекології України. 2019. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0287-19#Text>
33. Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. – К.: Ніка–центр, 2008. 655 с.
34. Петренко Л.И. Возможности искусственного пополнения подземных вод кристаллических пород для водоснабжения. Геологический журнал. 2018. No 2 (363).С.23-32.
35. План управління річковим басейном Дніпра. Проект.К.,2021 – Режим доступу: https://www.euwipluseast.eu/images/2021/03/PDF/EUWI_UA_Dnipro_RBMP_1_2021_0225_UKR.pdf
36. Рубан С. А. Гідрогелогічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. Монографія / С. А. Рубан, М. А. Шинкаревський. – К. : УкрДГРІ, 2005. – 572 с.
37. Руденко Ф.А. Гідрогелогія Українського кристалічного масиву: Монографія. Київ, 1960.
38. Руденко Ф.А. Гідрогелогія Української РСР / Ф. А. Руденко.-К.: Вища школа, 1971.-174 с.
39. Руденко Ф.А., Попов О.Є. Гідрогелогія. – К.: Вища школа, 1975. – 229 с.
40. Саніна І.В., Сиротенко П.Т. Розробка технічного завдання на створення автоматизованої системи контролю за станом підземних вод в умовах техногенного навантаження. Звіт УкрДГРІ. К. 2008.
41. Стан підземних вод. Щорічник. Київ: Державна служба геології та надр України, ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021. 124 с. – Режим доступу: https://geoinf.kiev.ua/wp/wp-content/uploads/2021/08/schorichnyk_pv_2020.pdf
42. Шестопалов В.М., Дробноход Н.И., Лялько В.И. и др. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в естественных условиях. – К.: Наук. думка, 1989. – 284 с.

43. Шестопалов, В.М., Лютий, Г.Г., & Саніна, І.В. (2019). Сучасні підходи до гідрогеологічного районування України. *Мінеральні ресурси України*, (2), 3-12. <https://doi.org/10.31996/mru.2019.2.3-12>
44. Шестопалов В.М., Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф. Підземні води тріщинуватих кристалічних порід, як резервне джерело питного водозабезпечення Вінниці (Україна). *Геологічний журнал*. 2018. №1(362). С. 5-16. doi:10.30836/igs.1025-6814.2018.1.126414
45. Шестопалов В.М., Стеценко Б.Д., Руденко Ю.Ф. Проблеми питного водозабезпечення Маріуполя і пропозиції щодо їх вирішення за рахунок підземних вод. *Геологічний журнал*. 2020. №1. С. 3-16.
46. CIS WFD (2000/60/EC) Guidance document No 15. Guidance on Groundwater Monitoring. 2007. 52 p. https://circabc.europa.eu/sd/a/e409710d-f1c1-4672-9480-e2b9e93f30ad/Groundwater%20Monitoring%20Guidance%20Nov-2006_FINAL-2.pdf