

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 тріщинуватості порід архею-протерозою у басейні Південного Бугу»

Виконав



студент 4-го курсу

кафедри гідрогеології та інженерної геології

Питель Антон Андрійович

Науковий керівник



асистент, кандидат геолого-мінералогічних наук

Люта Наталія Георгіївна

Робота рекомендується до захисту (протокол № 13 засідання
кафедри гідрогеології та інженерної геології від 13.06.2023р.

Завідувач кафедри



професор, доктор геологічних наук

Кошляков Олексій Євгенович

Київ – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ.....	4
1. Фізико-географічні умови.....	4
2. Клімат	6
3. Гідрологічний режим.....	6
4. Особливості річкового басейну.	8
5. Ґрунти.....	9
6. Рослинність	10
7. Геологічна будова.....	11
Архей-протерозой (AR-PR)	11
Кайнозой (KZ).....	13
Палеогенова система (P)	13
Неогенова система (N)	13
Четвертинна система (Q).....	14
8. Гідрогеологічні умови	14
9. Методика виконаних досліджень	17
РОЗДІЛ 2. ОПИС МАСИВУ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ПОРОДАХ АРХЕЮ-ПРОТЕРОЗОЮ У БАСЕЙНІ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ	24
1. Природна захищеність підземних вод	24
2. Аналіз хімічного складу атмосферних опадів	27
3. Аналіз хімічного складу поверхневих і ґрунтових вод.....	28
4. Аналіз хімічного складу підземних вод.....	30
5. Аналіз аркушів L-36-II.....	34
ВИСНОВКИ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39
ДОДАТКИ.....	42

ВСТУП

Розглядати підземні води як джерело питних вод доцільно для урізноманітнення джерел водопостачання, зважаючи на притаманні їм переваги, до яких належить захищеність від забруднення та широка розповсюдженість.

Метою цієї роботи є дослідження якісного стану підземних вод водоносного горизонту зони тріщинуватості порід архею-протерозою. Об'єктом дослідження при цьому слугує власне водоносний горизонт, а предметом – його якісний стан.

Дослідження полягало у зборі, аналізі та систематизації інформації про якісний стан підземних вод у свердловинах окремих ділянок родовищ підземних вод, що пробурені на водоносний горизонт зони тріщинуватості порід архею-протерозою та розташовані на території басейну Південного Бугу. Головним джерелом інформації при цьому слугував Державний баланс запасів корисних копалин України. Також були розглянуті можливі чинники формування якісного стану. Для цього був досліджений хімічний склад опадів на території дослідження за даними гідрохімічного довідника.

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. Фізико-географічні умови

Південний Буг є найбільшою річкою України, чий басейн знаходиться повністю в межах держави. Площа басейну становить 63 700 км², і він межує з басейнами Дністра на заході та Дніпра на північному сході. Річка рисвідноситься до басейну Чорного моря та має довжину 806 км. Басейн Південного Бугу розташований на території семи областей України, при чому найбільші частини басейну припадають на Вінницьку (25,7%), Кіровоградську (24,2%), Миколаївську (23,2%) і Черкаську (13,2%) області. Менші ділянки розташовані в Одеській, Хмельницькій та Київській областях. Річка починається на Подільській височині біля села Холодець у Хмельницькій області. У басейні Південного Бугу є 6594 річки загальною довжиною 22,4 тис. км. Більшість з них є невеликими річками менше 10 км у довжину. Тільки 349 річок мають довжину більше 10 км, і серед них 15 річок мають протяжність понад 100 км, такі як Південний Буг, Рів, Соб, Кодима, Синюха, Гірський Тікич, Гнилий Тікич, Велика Вись, Ятрань, Чорний Ташлик, Мертвовід, Чичиклія, Гнилий Єланець, Інгул та Громоклія (*План управління річковим басейном Південного Бугу, 2014*).

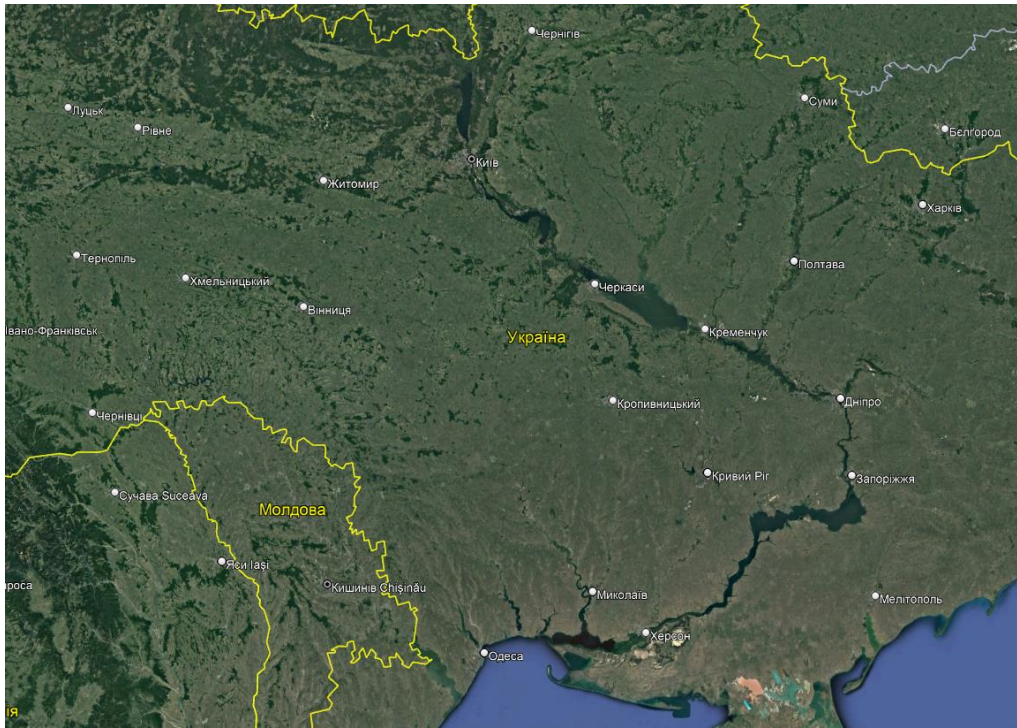


Рис. 1.1. Зображення території досліджень з космосу.



Рис. 1. 2 Оглядова карта.

Територія розміщена у південно-західній частині Східно-Європейської рівнини, яка складається з піднятих і низовинних ділянок. У верхів'ях на півночі басейну абсолютні відмітки поверхні становлять 300-320 м, в нижній частині – 5-20 м.

2. Клімат

Суттєвий вплив на формування клімату басейну Південного Бугу чинять арктичні, атлантичні та середземноморські повітряні маси. Клімат у верхній та середній частині басейну Південного Бугу є помірно-континентальним. У південних районах басейну спостерігається вплив Чорного моря, а в нижній течії річки клімат стає посушливим. Сезони року чітко виражені.

Лісостеп знаходиться під впливом вологих циклонів. Середні температури січня від $-6,5^{\circ}$ до -8°C , липня — від $+15,5^{\circ}$ до $+20,5^{\circ}\text{C}$. Кількість опадів – 490 - 630 мм. Степ характеризується посушливістю і перебуває переважно під впливом антициклонів. Середні температури - січень - від -2° до -7°C , липень — від $+21,5^{\circ}$ до $+30^{\circ}\text{C}$, а середньорічна кількість опадів - від 430 мм до 490 мм.

Зволоженість є найважливішим чинником формування ресурсів підземних вод. Північна та північно-західна частина території басейну Південного Бугу розташована в зоні нестійкого зволоження (Лісостеп), а південна, південно-східна частина (Степ) - у зоні недостатнього зволоження (*План управління річковим басейном Південного Бугу, 2014*).

3. Гідрологічний режим

Басейн Південного Бугу належить до числа добре вивчених у гідрологічному відношенні. Всього у басейні в різний час спостереження за водним і рівневим режимами проводилися на 106 гідрологічних постах (*Ресурси поверхневих вод СРСР. Описання рек и озер, 1978*), 24 з них —

діючі до цього часу. Середня тривалість спостережень за всіма гідрологічними характеристиками становить понад 70 років. Велике значення мають дані спостережень по гідрологічному посту Олександрівка у нижній течії Південного Бугу, який діє з 1914 року.

Басейн Південного Бугу включає річки, які належать до східноєвропейського типу з переважно сніговим живленням. У басейні виділяються два гідрологічні райони: Подільський і Причорноморський.

Подільський район характеризується значним весняним водопіллям та низькою меженню, яка порушується під час літніх та зимових паводків. Підземний стік річок у цьому районі є незначним. Найбільш сприятливі умови поверхневого живлення спостерігаються у верхній течії річки, де формується до 56% її річного стоку. Проте, по мірі протікання річки від витoku до гирла, умови поверхневого живлення погіршуються, особливо після того, як річка покидає лісостепову зону нижче гирла річки Синюхи.

Причорноморський район характеризується недостатньою зволоженістю та високим рівнем випаровування, що призводить до недостатньої водності річок. Багато річок у цьому районі мають періодичний стік. Стік річок у степовій частині басейну становить лише 17,5% від загального річного стоку.

Для річок басейну Південного Бугу характерним є нерівномірний розподіл стоку. У середині року відбуваються виразні повені (у місяцях III–IV) та зимова (у місяцях XII–II) і літньо-осіння (у місяцях V–XI) межені. Найбільші обсяги води у річках спостерігаються у березні і квітні, а найменші - у серпні і вересні.

Максимальні витрати води на річках Південний Буг, Синюха та Інгул спостерігаються навесні під час танення снігу. Влітку, навіть при значних

опадах, зазвичай відбуваються невеликі паводки. У деяких роках можуть виникати більш високі дощові паводки навіть при низькому рівні повені.

Мінімальний рівень води в басейні Південного Бугу спостерігається влітку та восени, коли підземні води виснажуються і впливають на стік річок. Зимовий рівень води трохи вищий, оскільки його підтримує танення снігу під час потеплінь. Однак, у деяких роках з холодними зимами рівень води залишається низьким, подібно до літнього періоду. Господарська діяльність суттєво впливає на рівень води, особливо через регулювання річок (*План управління річковим басейном Південного Бугу, 2014*).

4. Особливості річкового басейну

Басейн Південного Бугу має свої особливості, які впливають на його гідрохімічний режим. Порівняно з сусідніми річками, такими як Дністер та Дніпро, Південний Буг відрізняється вищим вмістом солей у воді, особливо ближче до гирла. Ця тенденція спостерігається і в притоках річки.

Ці особливості в значній мірі залежать від кліматичних та геологічних факторів. Вміст солей у воді кристалічного щита, яка знаходиться у тріщинах, менше 500 мг/л, тоді як у воді, яка стікає з вапнякових формацій, вміст солей перевищує 1000 мг/л. Істотним чинником, що призводить до зростання вмісту солей, є поширення лесовидних суглинків у південній частині басейну.

Вода Південного Бугу також має високу насиченість розчиненим киснем. Це пояснюється наявністю порожистих ділянок, де відбувається перемішування води, що сприяє поліпшенню кисневого режиму (*План управління річковим басейном Південного Бугу, 2014*).

5. Ґрунти

Формування сучасного ґрунтового покриву басейну Південного Бугу зумовлене взаємодією ґрунтоутворюючих порід, рослинного покриву, рельєфу, клімату та господарської діяльності людини. Для більшості ґрунтів басейну ґрунтоутворюючими породами є карбонатні лесові відклади. За характером ґрунтового покриву басейн Південного Бугу належить до лісостепу та степу.

У верхній частині басейну, ґрунти представлені типовими малогумусними чорноземами, які поступово змінюються на світло-сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти під впливом лісової рослинності. У верхів'ях Південного Бугу та його приток річок Бужок, Вовк, Згар, Рів, на днищах долин та заплавних ділянках переважають торфово-болотні ґрунти і низинні торф'яники. У зв'язку із проведенням осушувальних меліорацій відбулася часткова мінералізація цих ґрунтів.

Більша частина басейну покрита різноманітними чорноземи, які утворилися під впливом трав'янистої рослинності. До них належать чорноземи типові, опідзолені, реградовані та вилуговані. На височинах, вкритих лісами, утворились сірі опідзолені ґрунти різних відтінків (світло-сірі, сірі та темно-сірі). Світло-сірі ґрунти, серед опідзолених лісостепових ґрунтів, мають найбільшу ступінь опідзолення та найменшу кількість гумусу. Гумусово-елювіальний горизонт у опідзолених чорноземах малопотужний і не перевищує 35 см.

Південніше лінії, яка проходить через Балту-Первомайськ, розташовується зона різнотрав'яного степу. У цій зоні ґрунтовий покрив складається переважно з чорноземів, що сформувалися на важких суглинисто-лесових породах. В районі від м. Первомайська до с. Олександрівки в Миколаївській області переважають мало- і середньогумусні, важко- і

легкосуглинисті чорноземи. В низовинній частині Південного Бугу вони переходять у слабо солонцюваті чорноземи та каштанові ґрунти.

За механічним складом у басейні переважають суглинисті ґрунти різного гранулометричного складу. У нижній частині басейну поширені глинисті, піщані та глинисто-піщані ґрунти (*План управління річковим басейном Південного Бугу, 2014*).

6. Рослинність

Рослинність басейну Південного Бугу є багатюю і різноманітною завдяки наявності родючих ґрунтів та сприятливому клімату. Значна частина басейну належить до лісостепової зони. Природна рослинність займає близько 12% всієї площі басейну, де 9% складають ліси, 2% - луки та 1% - болота. Орні землі займають більшу частину площі басейну (до 70%), урбанізовані території – до 5%.

Рослинність північно-західної частини басейну представлена молодими і середньовіковими широколистими лісами, які розташовані окремими масивами. Північно-західна частина басейну вкрита широколистими лісами, виокремленими у масиви. На південь від цієї області ліси поступово переходять у лісостеп, а ще далі на південь, за лінією від Балти до Первомайська (на правому березі річки Кодими), перетворюються на степ.

У басейні Південного Бугу всі ліси поділяються на дві групи. Перша група включає зелені зони навколо міст, населених пунктів і промислових підприємств, ґрунтозахисні лісосмуги, водоохоронні прибережні захисні смуги і захисні лісові смуги уздовж доріг. Друга група включає експлуатаційні ліси, де дозволяється рубка, проте не більше річного приросту. Ліси першої групи займають 73% загальної площі лісового фонду басейну Південного Бугу, тоді як ліси другої групи — 27% (*План управління річковим басейном Південного Бугу, 2014*).

7. Геологічна будова

Геологічна будова території басейну Південного Бугу зумовлена його розташуванням у межах дорифейської Східноєвропейської платформи (СЄП). Основними регіонами першого порядку на цій території є Український щит, Волино-Подільська плита і Південноукраїнська монокліналь, що входять до складу Східноєвропейської платформи.

Територія УЩ характеризується двоповерховою геологічною будовою і складається з кристалічного фундаменту – давніх порід архею-протерозою та малопотужного осадового чохла, сформованого утвореннями кайнозою, меншою мірою – мезозою.

Архей-протерозой (AR-PR)

УЩ є бриловим підняттям фундаменту, що простягається на 1000 км з північного заходу на південний схід смугою шириною 250 км. Умовною межею щита вважають ізолінію глибини залягання кристалічних порід 300 м від поверхні. У структурі щита виділяють мегаблоки: Волинський, Подільський, Бузько-Росинський, Кіровоградський, Придніпровський та Приазовський мегаблоки. Їх розділяють системи розломів і міжблокові тектонічні зони: Голованівська, Криворізько-Кременчуцька, Оріхівсько-Павлоградська (рис. 1.3) (Костенко, 2015).

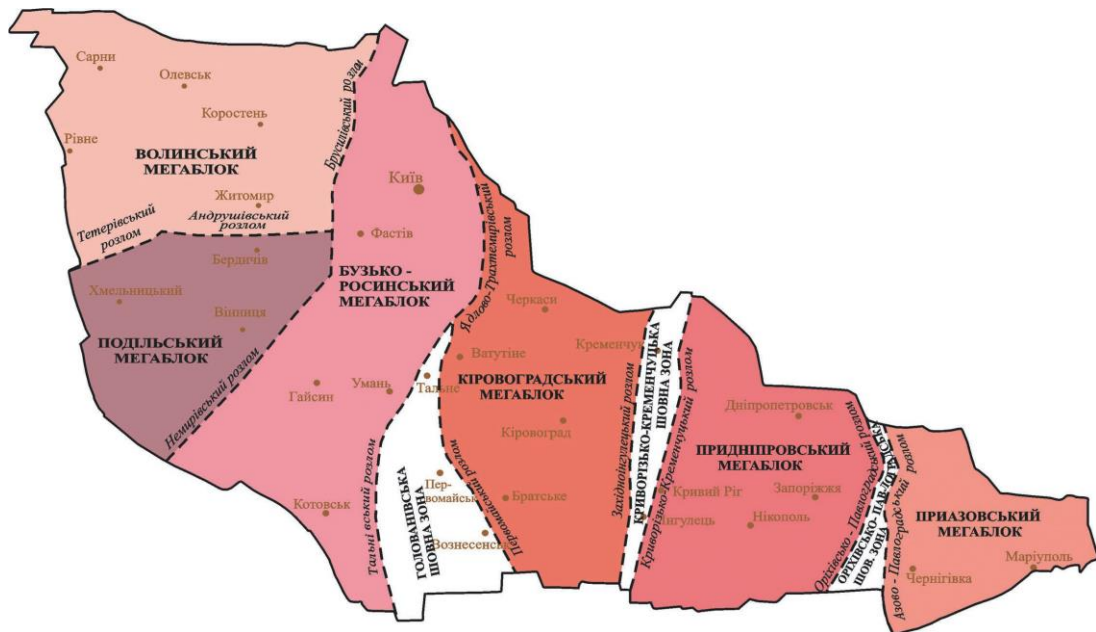


Рис. 1.3. Схема геолого-структурного районування УЩ (Костенко, 2015)

Породи Українського щита представлені головним чином гранітами, гнейсами та мігматитами. Поверхня кристалічного фундаменту занурюється у південному, південно-західному і північно-східному напрямках під кутами $1-3^{\circ}$. Завдяки процесам денудації на денну поверхню виходять породи різного віку. Повсюдно поширена кора вивітрювання, яка чохлам укриває кристалічні породи докембрію. Її потужність змінюється від декількох до декількох десятків метрів, іноді до 80–100 м. Аномальна потужність спостерігається у зонах розломів.

Кристалічні породи перекриті нерівномірно розвинутим і малопотужним осадовим чохлам з мезо-кайнозойських відкладів (рис. 1.4).

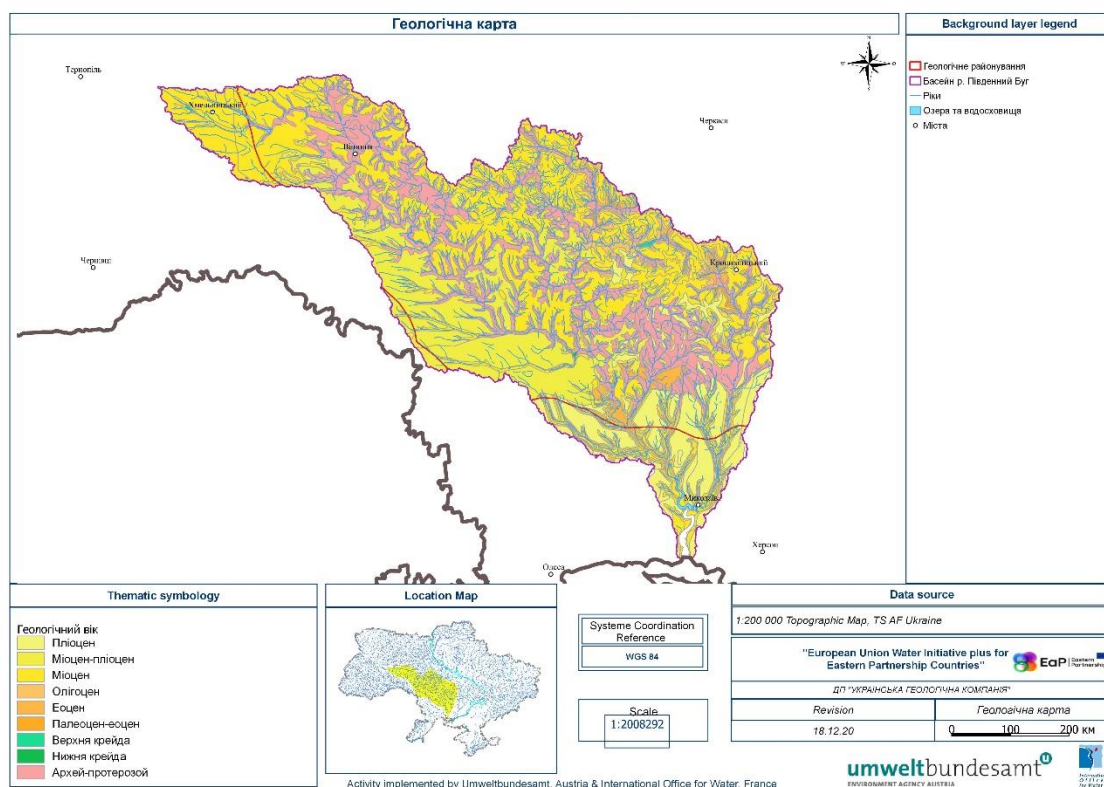


Рис. 1.4. Геологічна будова території басейну Південного Бугу (Ідентифікація і розмежування масивів підземних вод, 2020).

Кайнозой (KZ)

Палеогенова система (P)

Відклади палеогенової системи в межах досліджуваної території відслонюються на території Черкаської та Кіровоградської областей. Поширені як на межиріччях, так і в заглибленнях кристалічного фундаменту. Представлені палеогенові відклади мергелями вапняковистими, опоковидними, іноді з прошарками та лінзами вапняків, опоками, пісками різнозернистими, іноді з гравієм і галькою, пісковиками потужністю до 180 м.

Неогенова система (N)

У межах досліджуваної території неогенові відклади розповсюджені рівномірно. Представлені глинами сарматського, меотичного та понтичного віку та подекуди пісками дрібнозернистими з прошарками глин, рідше – пісковиками і вапняками різної потужності.

Четвертинна система (Q)

Представлена пісками, місцями з гравієм і галькою, супісками, суглинками, мулами, алевритами з прошарками глин алювіального, делювіального, алювіально-делювіального, пролювіально-делювіального, делювіально-колювіального походження. Підстилається товща четвертинних відкладів водотривкою товщею червоно-бурих глин пліоцену, еоплейстоцену та нижнього неоплейстоцену (Геологічна карта. Аркуш L-36-II.)

8. Гідрогеологічні умови

Відповідно із структурно-геологічною будовою на території басейну Південного Бугу виділяється 3 гідрогеологічних регіонів першого порядку (рис. 1.8.1) із притаманними їм певними особливостями геолого-гідрогеологічного розрізу порід та регіональними закономірностями гідрогеологічних умов: Волино-Подільський артезіанський басейн; Гідрогеологічна область Українського щита; Причорноморський артезіанський басейн.

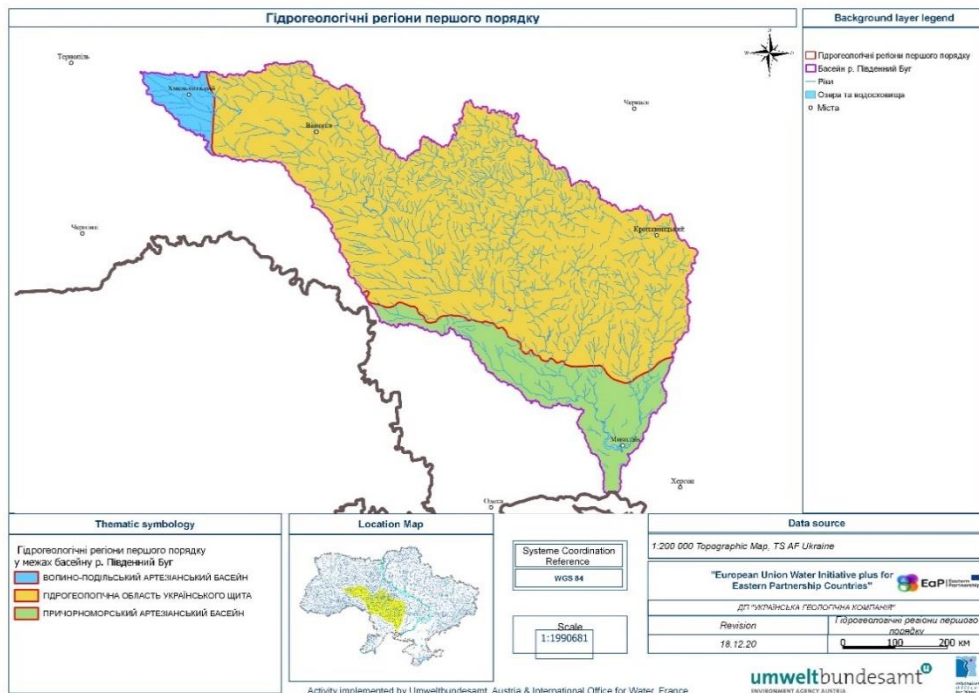


Рисунок 1.5. Гідрогеологічні регіони першого порядку

Волино-Подільський артезіанський басейн (його західна частина) розташований на північному заході басейну Південного Бугу. Він є багатоповислою системою водоносних горизонтів, кількість яких зростає в західному напрямку. Особливістю цієї території є відсутність просторово витриманих водостійких прошарків, які розділяють водоносні горизонти, починаючи з крейдового віку до більш древніх. У Волино-Подільському АБ в межах басейну Південного Бугу широко розповсюджені водоносні горизонти в четвертинних, міоценових, верхньокрейдових утвореннях і в зоні тріщинуватості порід венду. В цій частині вони містять прісні води.

Водоносний горизонт у сеноманських відкладах поширений у східній частині артезіанського басейну, за рахунок нього відбувається водопостачання м. Хмельницький.

У східній частині басейну для водозабезпечення використовуються прісні підземні води, пов'язані із вулканогенно-теригенними відкладами порід верхнього і нижнього венду. Вони приурочені до зони інтенсивної тріщинуватості і залягають на схилах щита в основному на глибині 10-70 м. На базі цих горизонтів вирішується проблема господарсько-питного водопостачання міста Хмельницького та ін.

Гідрогеологічна область Українського щита. У розрізі гідрогеологічної області Українського щита виділяються два структурні поверхи. Нижній сформований архей-протерозойськими магматичними і метаморфічними породами, верхній - мезо-кайнозойськими осадовими відкладами.

Водоносні породи нижнього поверху - кристалічні породи - гнейси, граніти та мігматити. Їхні геофільтраційні властивості визначаються вкрай

нерівномірною ендо- та екзогенною тріщинуватістю як за площею, так і за глибиною. Вона визначає їхнє нерівномірне обводнення.

Найбільш обводнені зони приурочені до понижених частин сучасного рельєфу - гідрографічної мережі. Потужність зон інтенсивної тріщинуватості часто не перевищує 20 м від поверхні кристалічних порід на вододілах і 50 м у долинах річок.

Водоносні горизонти верхнього структурного поверху в осадових відкладах відрізняються невитриманими розповсюдженням і потужністю, найчастіше приурочені до вододільних ділянок або палеодолин фундаменту та розмиті в долинах річок. Слабопроникні відклади невитримані у розрізі, що обумовлює взаємозв'язок між водоносними горизонтами. Водоносні горизонти верхнього структурного поверху приурочені до четвертинних відкладів і порід мезо-кайнозою. Для забезпечення господарсько-питних потреб використовуються водоносні горизонти в четвертинних, неогенових, палеогенових та крейдових відкладах.

Гідрогеологічні умови *Причорноморського артезіанського басейну*, розташованого у південній частині території басейну Південного Бугу, складні. Це пояснюється розмаїттям та невитриманістю розповсюдження як водовмісних так і водотривких відкладів, фаціальною та літологічною мінливістю складу порід, строкатістю якісного складу підземних вод. Потужність зони активного водообміну 50–400 метрів, частіше не перевищує 100-200 м. Підземні води містяться у четвертинних, неогенових, палеогенових, крейдових відкладах. Основними є водоносні горизонти у неогенових відкладах, на локальних ділянках – у палеогенових та крейдових відкладах.

Для підземних вод Причорноморського артезіанського басейну характерним є широкий розвиток солонуватих і солоних вод.

Безнапірні підземні води четвертинних відкладів пов'язані із переважно піщаними алювіальними відкладами голоцену-нижнього неоплейстоцену, еоловими голоценовими, та суглинистими еолово-делювіальними, елювіально-делювіальними утвореннями нижнього-верхнього неоплейстоцену. Прісні і солонуваті ґрунтові води четвертинних відкладів відіграють велику роль у водопостачанні сільських населених пунктів.

Водовмісні міоценові відклади (сарматський, а на окремих ділянках меотичний і понтичний, регіояруси) представлені вапняками, пісками, пісковиками з прошарками глин. Потужність водоносних прошарків змінюється від 10-20 до 25-40 метрів, глибина залягання – від 10-20 до 100-125 метрів. Водоносний горизонт напірний, величина напору складає 20-120 м.

Водоносні горизонти, приурочені до крейдових та палеогенових відкладів, використовуються на окремих локальних ділянках, вивчені недостатньо і не знайшли широкого застосування. (Ідентифікація і розмежування масивів підземних вод у басейні річки Південний Буг, Україна)

9. Методика виконаних досліджень

Водна рамкова директива (ВРД) ЄС і розроблений для її впровадження Порядок здійснення державного моніторингу вод, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 встановлюють нові підходи до моніторингу підземних вод. При цьому головний принцип ВРД ЄС полягає у визнанні річкового басейну як основної одиниці управління водними ресурсами. Для кожного басейну готується план, який включає аналіз стану природних вод і програму заходів, спрямованих на досягнення головної мети – досягнення доброго стану водних об'єктів, включаючи підземні води.

Саме тому у цій роботі розглядається частина водоносного горизонту, який міститься у породах архею-протерозою, і знаходиться у басейні Південного Бугу.

Одним із завдань роботи було ознайомлення з Методикою визначення масивів поверхневих та підземних вод, затвердженою Наказом Мінекології від 14 січня 2019 року № 4, яка встановлює критерії, показники та послідовність дій для визначення масивів поверхневих та підземних вод (*Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019*). Відповідно до неї, визначення масивів поверхневих вод та масивів підземних вод (МПВ) є важливою складовою аналізу характеристик річкового басейну. Цей процес здійснюється для детального опису стану поверхневих і підземних вод. МПВ є підземними водними об'єктами або їхніми складовими частинами, для яких установлені екологічні цілі (*Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019*)

Основною стратегічною екологічною ціллю для усіх районів річкових басейнів є досягнення або підтримання "доброго" хімічного та кількісного стану МПВ.

Визначення МПВ включає розділення водоносних горизонтів на менші одиниці, їхній опис і встановлення меж МПВ. При цьому слід уникати надмірного розподілу водоносних горизонтів на надто малі підрозділи.

Розмежування МПВ здійснюється з урахуванням геологічних меж потоку, за винятком випадків, коли для опису стану підземних вод і досягнення екологічних цілей необхідно розділення водоносних горизонтів на більшу кількість МПВ.

Ідентифікація МПВ проводиться щонайменше один раз на шість років перед розробленням програми державного моніторингу вод та плану управління річковим басейном. За необхідності МПВ переглядаються та уточнюються.

Під час визначення МПВ виконується аналіз геологічних карт і даних про свердловини з метою виділення різних гідрогеологічних одиниць в межах водоносного горизонту. Передовсім виділяються водоносні горизонти, що мають достатні запаси для відбору води у кількості понад 10 м³/день.

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

Опис масиву підземних вод включає первинний опис та подальший опис.

Під час проведення первинного опису МПВ розробляється концептуальна модель потоку підземних вод, яка відображає умови їхнього руху і взаємозв'язок з наземними екосистемами. У цьому описі визначаються межі МПВ з урахуванням гідрогеологічних, геологічних, літологічних та інших даних. Також виконується аналіз можливої уразливості МПВ до різних антропогенних впливів, наприклад, дифузні або точкові джерела забруднення, водовідбір та штучне поповнення запасів підземних вод, з наданням відповідної інформації про ці впливи. Також наводяться загальні характеристики порід у зоні аерації. У процесі проведення первинного опису, МПВ із подібними властивостями або з однаковими видами антропогенного впливу можуть бути об'єднані. 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.

Оцінку 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 МПВ, а також врахування екологічних цілей.

Визначення складових водного балансу МПВ 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.

Оцінку можливого зв'язку МПВ 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:

- літологія і потужність порід зони аерації;
- літологія і потужність поверхневих відкладів;
- механізм руху підземних вод у межах водоносного горизонту;
- глибина залягання рівня підземних вод (*Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод, 2019*).

Якщо відсутня інформація для детального визначення стану підземних вод, результати аналізу антропогенного впливу можуть бути використані як показник стану підземних вод.

Опис МПВ 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 share-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 МПВ, включаючи коефіцієнт фільтрації, пористість та наявність водонепроникних шарів над водоносним горизонтом;
- характеристики поверхневих відкладів та порід зони аерації (потужність, пористість, коефіцієнт фільтрації та абсорбційні властивості);
- опис стратиграфічного профілю в межах масиву підземних вод;
- опис поверхневих систем, що динамічно пов'язані з МПВ, включаючи наземні екосистеми та поверхневі водні об'єкти;
- оцінка напрямків та швидкості водообміну між МПВ і пов'язаною з ним поверхневою екосистемою;
- дані для розрахунку щорічного поповнення підземних вод (в т.ч. щорічний об'єм атмосферних опадів);
- характеристика хімічного складу підземних вод, в т.ч. 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 археопротерозою в басейні р. Південного Бугу.

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. Південний Буг. 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 2. ОПИС МАСИВУ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ПОРОДАХ АРХЕЮ-ПРОТЕРОЗОЮ У БАСЕЙНІ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ

1. Природна захищеність підземних вод

У басейні Південного Бугу з розвиненим господарським комплексом і численним населенням, підземні води є важливим і екологічно захищеним джерелом господарсько-питного водопостачання. При цьому для задоволення потреб населення і промислових об'єктів водою надзвичайно важливим є кількісний стан МПВ. Згідно з даними регіональних оцінок, прогнозні ресурси підземних вод басейну р.Південного Бугу складають 1 886,35 тис.м³/д, що становить близько 3% від загальної суми прогнозних ресурсів України. Експлуатаційні запаси підземних вод басейну Південного Бугу складають 614,98 тис. м³/д. Зважаючи на різноманітність структурно-геологічних та фізико-географічних умов різних частин басейну, розподілені вони нерівномірно. Сприятливими умовами формування ресурсів підземних вод характеризується північно-західна частина території, розташована у межах Волино-Подільського артезіанського басейну, що обумовлено геолого-структурною будовою і кліматичними факторами. Північна, центральна і східна частини території, приурочені до Гідрогеологічної області Українського щита, через несприятливі обставини формування підземних вод, обумовлені геолого-структурною будовою, мають обмежені ресурси.

Важливою умовою набуття доброго якісного і кількісного стану для основних водоносних горизонтів, на яких базується централізоване водопостачання, є їхня захищеність (рис 2.1).

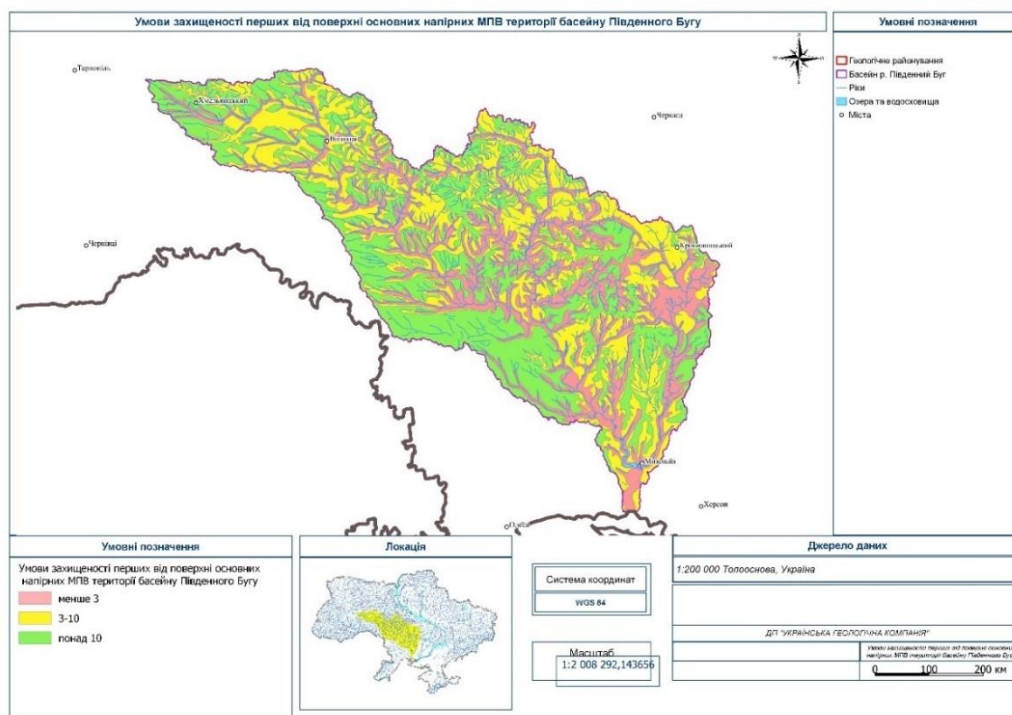


Рис 2.1. Умови захищеності перших від поверхні напірних МПВ території басейну Південного Бугу (*Визначення техногенного навантаження на масиви підземних вод у басейні р. Південний Буг, 2021*)

Оцінку природної захищеності виконано для перших від поверхні напірних МПВ та груп МПВ, які використовуються для централізованого водопостачання. Природна захищеність обумовлена наявністю в покрівлі слабкопроникних товщ, що перешкоджають проникненню забруднюючих речовин з поверхні землі у МПВ. Критеріями для оцінки захищеності при цьому є потужність і літологічний склад водотривких порід, що перекривають водовмісні відклади. Загалом у басейні Південного Бугу переважають захищені МПВ (37%), а умовно захищені МПВ складають близько 35 % від його загальної площі. При цьому захищені МПВ переважають у частинах басейну, які належать до Волино-Подільського та Причорноморського артезіанських басейнів. Умови захищеності в Гідрогеологічній області Українського щита при цьому відрізняються. Тут за умовами природної захищеності переважають умовно захищені МПВ (38%). Площа незахищених МПВ, більш уразливих до

забруднення, складає 28%. Захищені МПВ тяжіють до вододілів, де поширені слабкопроникні глинисті породи, і складають 33% від загальної площі гідрогеологічного регіону.

Необхідно зазначити, що перші від поверхні групи безнапірних МПВ, на відміну від напірних, є незахищеними. Незначна глибина залягання водовмісних відкладів і відсутність у зоні аерації слабопроникних відкладів робить ці масиви підземних вод уразливими до забруднення з поверхні. Безнапірні МПВ різняться лише за часом проникнення забруднень з поверхні, який у північній частині басейну становить 50-250 діб, а у південній – понад 3000 діб (рис. 2.2) (Визначення техногенного навантаження на масиви підземних вод у басейні р. Південний Буг, 2021).

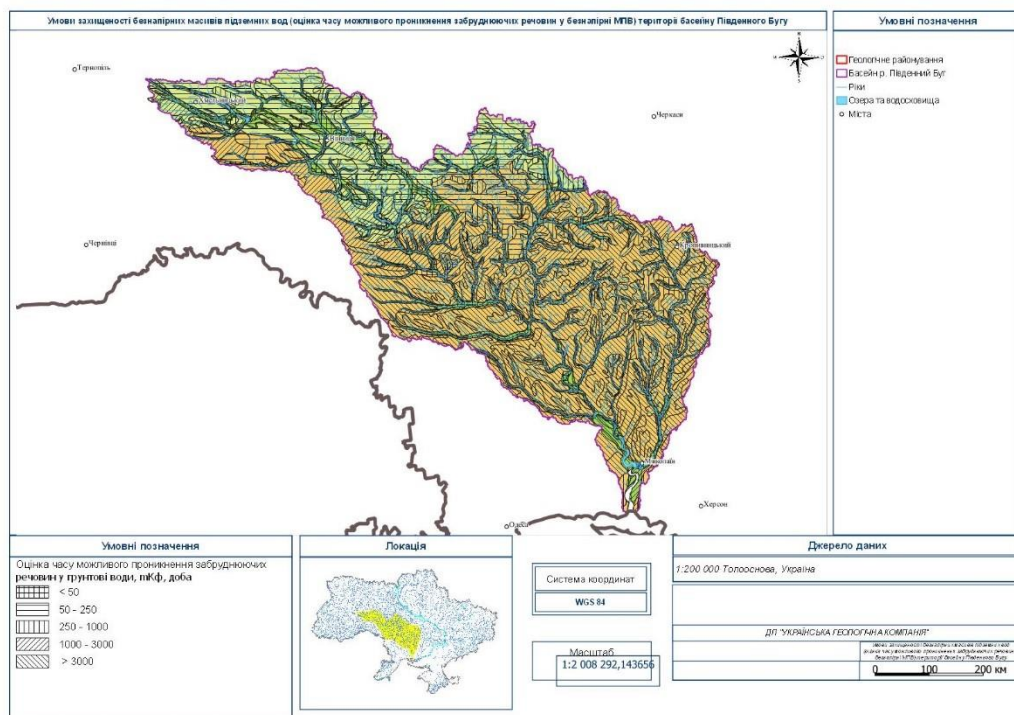


Рис 2.2 Умови захищеності безнапірних масивів підземних вод (оцінка часу можливого проникнення забруднюючих речовин у безнапірні МПВ) (Визначення техногенного навантаження на масиви підземних вод у басейні р. Південний Буг, 2021).

2. Аналіз хімічного складу атмосферних опадів

Аналіз складу атмосферних опадів був проведений шляхом складання формули Курлова для атмосферних опадів за даними метеостанцій в містах Гайворон та Бобринець Кіровоградської області, та в селі Озірне Черкаської області (додатки А, Б, В) (Осадчий В.І. та ін, 2008). Було встановлено, що атмосферні води сульфатно-кальцієвого складу з незначною мінералізацією (рис 2.3). Зональність у складі опадів не спостерігається.

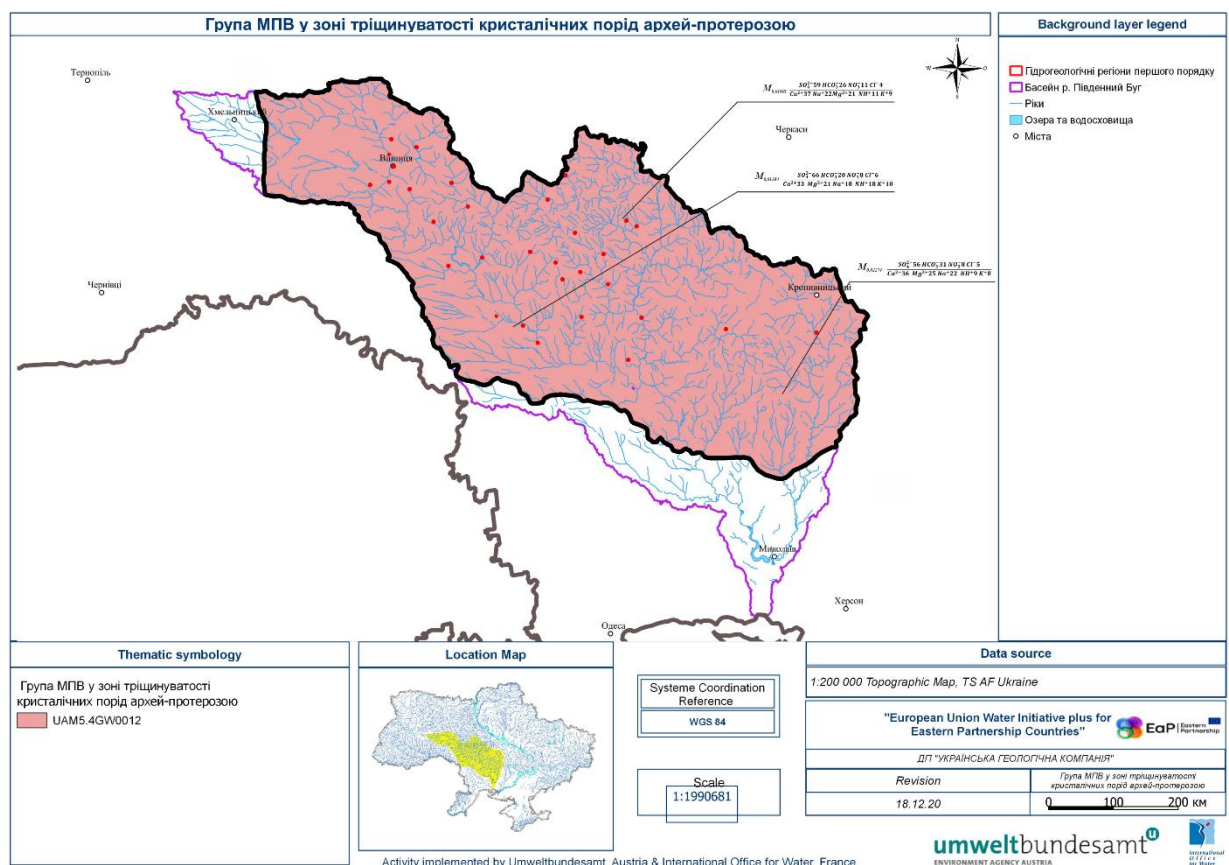


Рис 2.3. Хімічний склад атмосферних опадів за даними метеостанцій.

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 3.1 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.

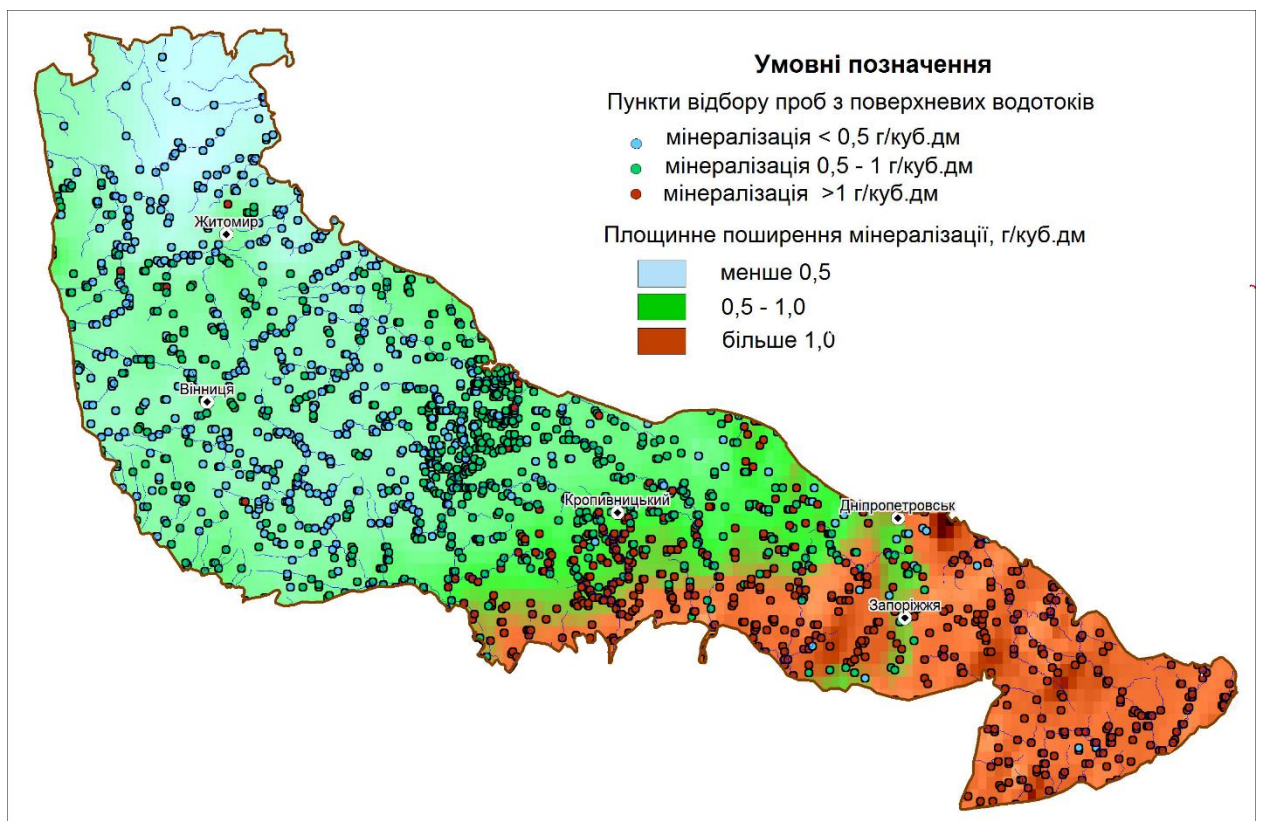


Рис 3.1. Мінералізація поверхневих вод на території ГОУЩ (Люта, 2022)

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, Сиротенко, 2008). Мінералізація збільшується в південному напрямку від 0,1-0,5 до 1-3 г/дм³.

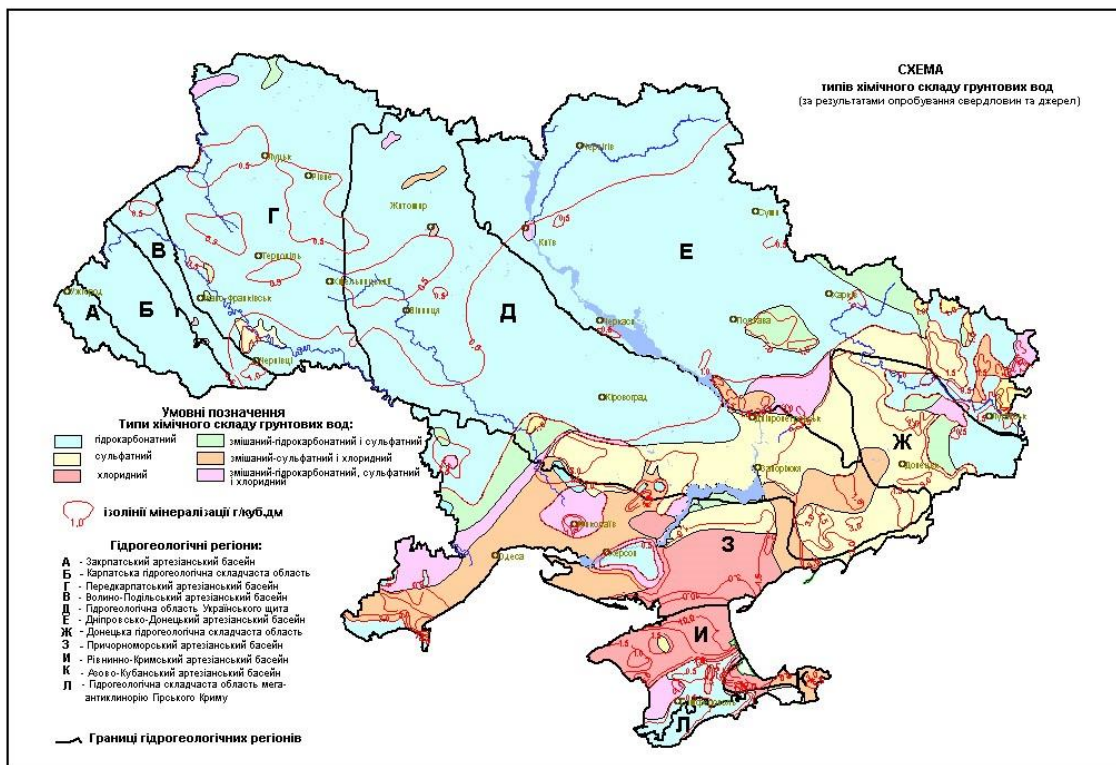


Рис 3.2. Схема типів хімічного складу ґрунтових вод (Саніна, Сиротенко, 2008)

4. Аналіз хімічного складу підземних вод

Аналіз хімічного складу підземних вод проводився шляхом збору та обробки інформації Державного балансу запасів корисних копалин України (додаток Д). За даними середньої початкової мінералізації та початкового хімічного складу для кожного родовища підземних вод у кристалічних породах були побудовані відповідні карти (рис. 4.1, 4.2)

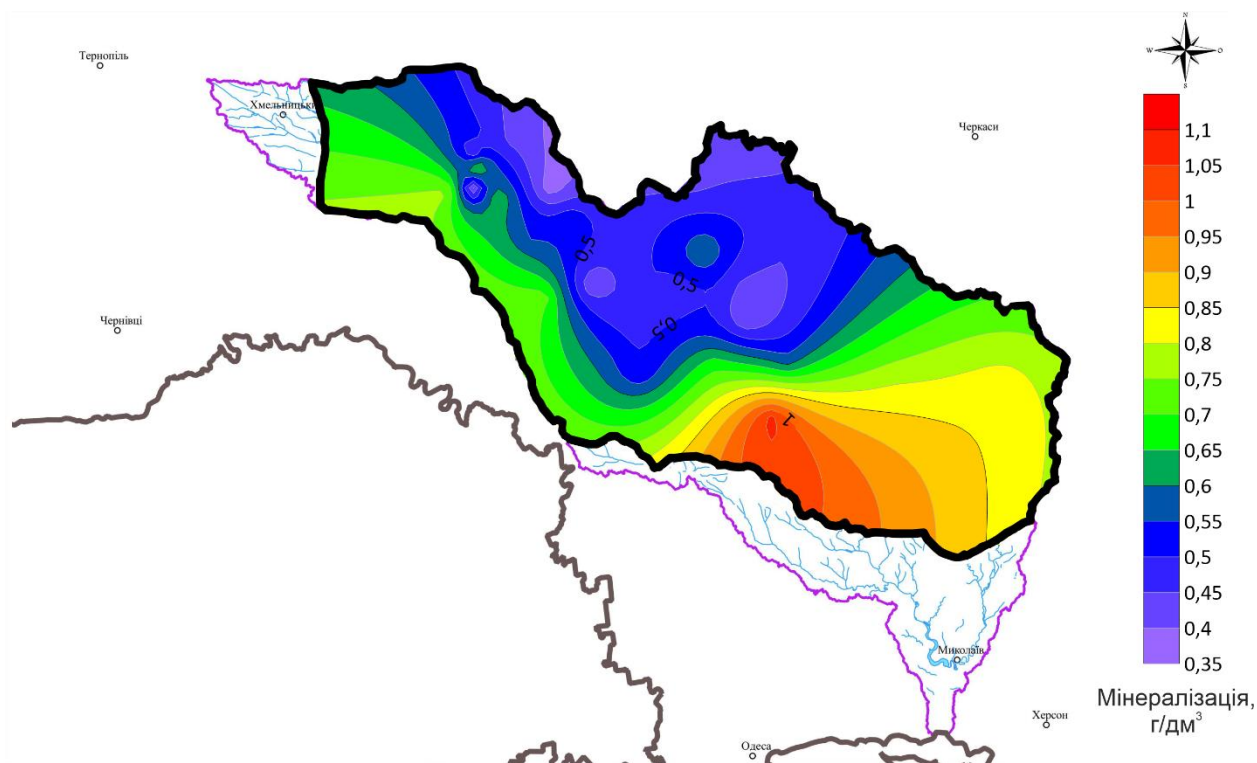


Рис.4.1. Мінералізація підземних вод порід архею-протерозою в басейні Південного Бугу

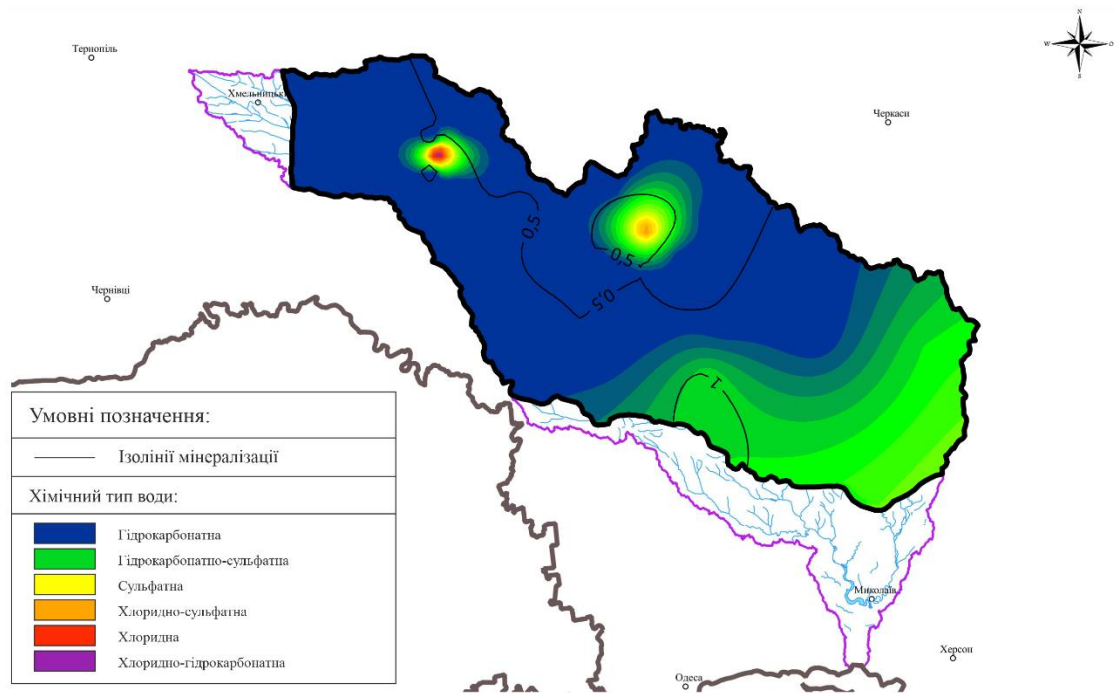


Рис. 4.2. Мінералізація та хімічний склад підземних вод порід архео-протерозою в басейні Південного Бугу

Отримані карти наочно відображають наявність природної гідрохімічної зональності: мінералізація підземних вод збільшується з півночі на південь з 0,35 до 1,1 г/дм³, а їх хімічний склад змінюється від гідрокарбонатного до сульфатного в південно-східному напрямку. Разом з тим, на карті хімічного складу відмічаються дві аномалії, розташування яких пов'язане із населеними пунктами поблизу. Перша розташовується у м. Вінниця, друга – у селищі міського типу Маньківка Черкаської області. Аномалія у м. Вінниця зумовлена антропогенним впливом. Для встановлення походження аномалії у смт. Маньківка необхідно провести додаткові дослідження.

У межах Вінницької області водовмісними породами є граніти. Підземні води гідрокарбонатного магнієво-кальцієвого, рідше гідрокарбонатного кальцієвого і гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого складу з мінералізацією 0,3-0,7 г/дм³. Подекуди у складі води збільшується вміст іонів натрію. В межах населених пунктів, особливо у м. Вінниці відзначається збільшення мінералізації за рахунок іонів хлору, сульфатів і натрію внаслідок

антропогенного впливу, однак показник мінералізації перевищує 1 г/дм^3 лише в поодиноких випадках. У воді окремих водозаборів фіксуються забруднювальні речовини - нітрати і нафтопродукти, а також перевищення нормованого показника жорсткості.

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 $0,3-0,8 \text{ г/дм}^3$, подекуди, на півдні області, до $1,3-1,5 \text{ г/дм}^3$.

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 $0,4-0,9 \text{ г/дм}^3$, нерідко перевищує 1 г/дм^3 .

На Миколаївщині водовмісними кристалічними породами є 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 $0,6-0,95 \text{ г/дм}^3$. Друга ділянка розміщена у Первомайському районі, вода використовується для потреб промислового підприємства. Вода гідрокарбонатно-сульфатна магнієво-кальцієва, мінералізація $0,61-1,52 \text{ г/дм}^3$

Аналіз просторового поширення вод різного макрокомпонентного складу і мінералізації однозначно свідчить про пріоритетність природних чинників у їхньому формуванні. При цьому суттєвого впливу мінералогічного

складу водовмісних кристалічних порід на формування макрокомпонентного складу підземних вод не виявлено. Натомість визначальним є кліматичний чинник, насамперед кількість опадів, оскільки території з підземними водами з мінералізацією вище 1 г/дм^3 і зміною гідрокарбонатного складу на строкатий зі збільшенням ролі сульфатів і хлоридів, впевнено відзначаються при зміні агрокліматичної зони недостатнього зволоження на помірно посушливу, або південніше ізогіети 550 мм/рік . Із кліматичним чинником прямо пов'язана зміна Лісостепової зони з переважанням сірих лісових ґрунтів на Степову з панівними чорноземами. На цих же широтах відбувається зміна перших від поверхні безнапірних водоносних горизонтів в алювіальних і флювіогляціальних четвертинних відкладах на водоносні горизонти в еолово-делювіальних відкладах такого ж віку. Все це підтверджує підпорядкування хімічного складу вод у кристалічних породах природній географічній гідрохімічній зональності і їхній тісний зв'язок з поверхневими і ґрунтовими водами.

5. Аналіз змін якості води на території аркуша L-36-II

За допомогою геологічної та гідрогеологічної карт був проаналізований якісний стан підземних вод в породах архею-протерозою на околицях міста Вознесенськ за даними 1977 та 2017 років та побудовані відповідні карти (рис 5.1).

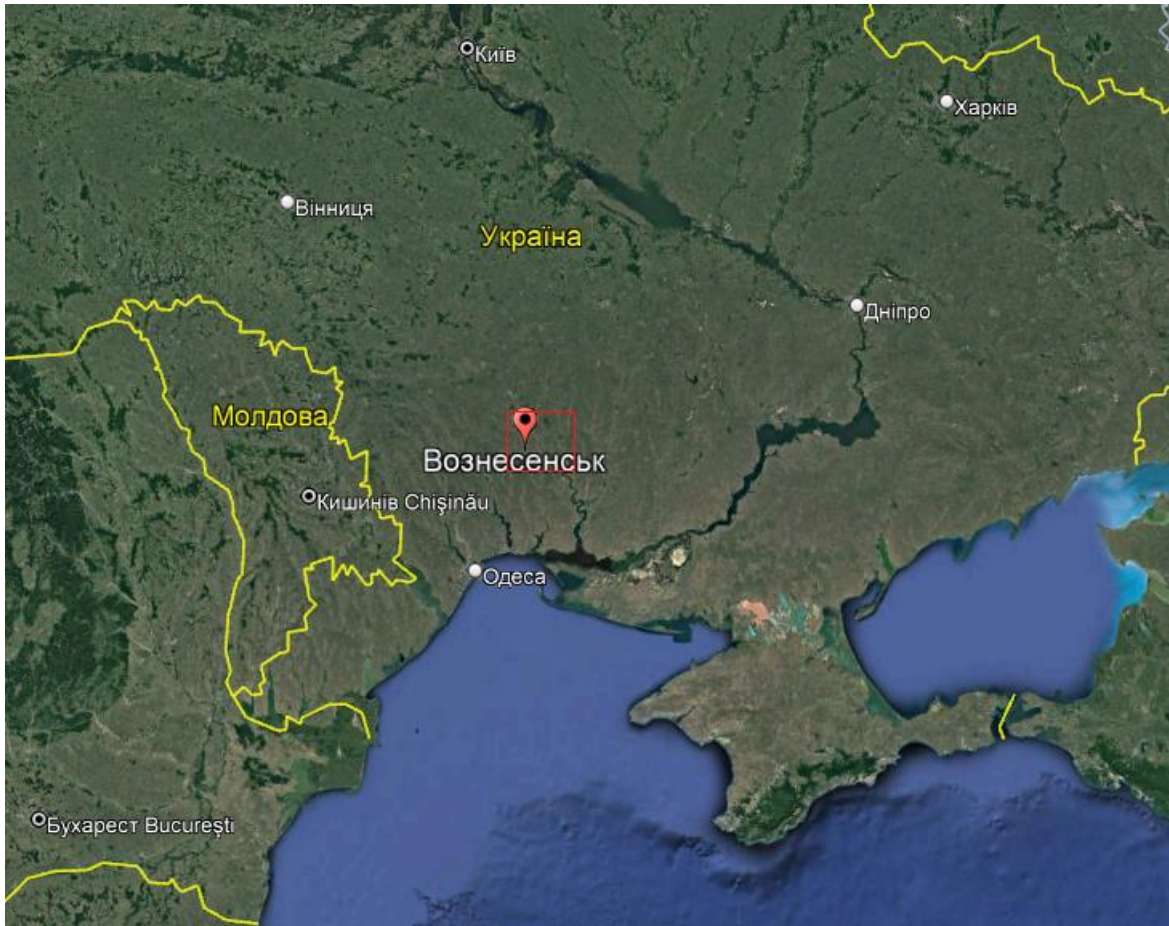


Рис 5.1 Територія досліджень (Google Earth)

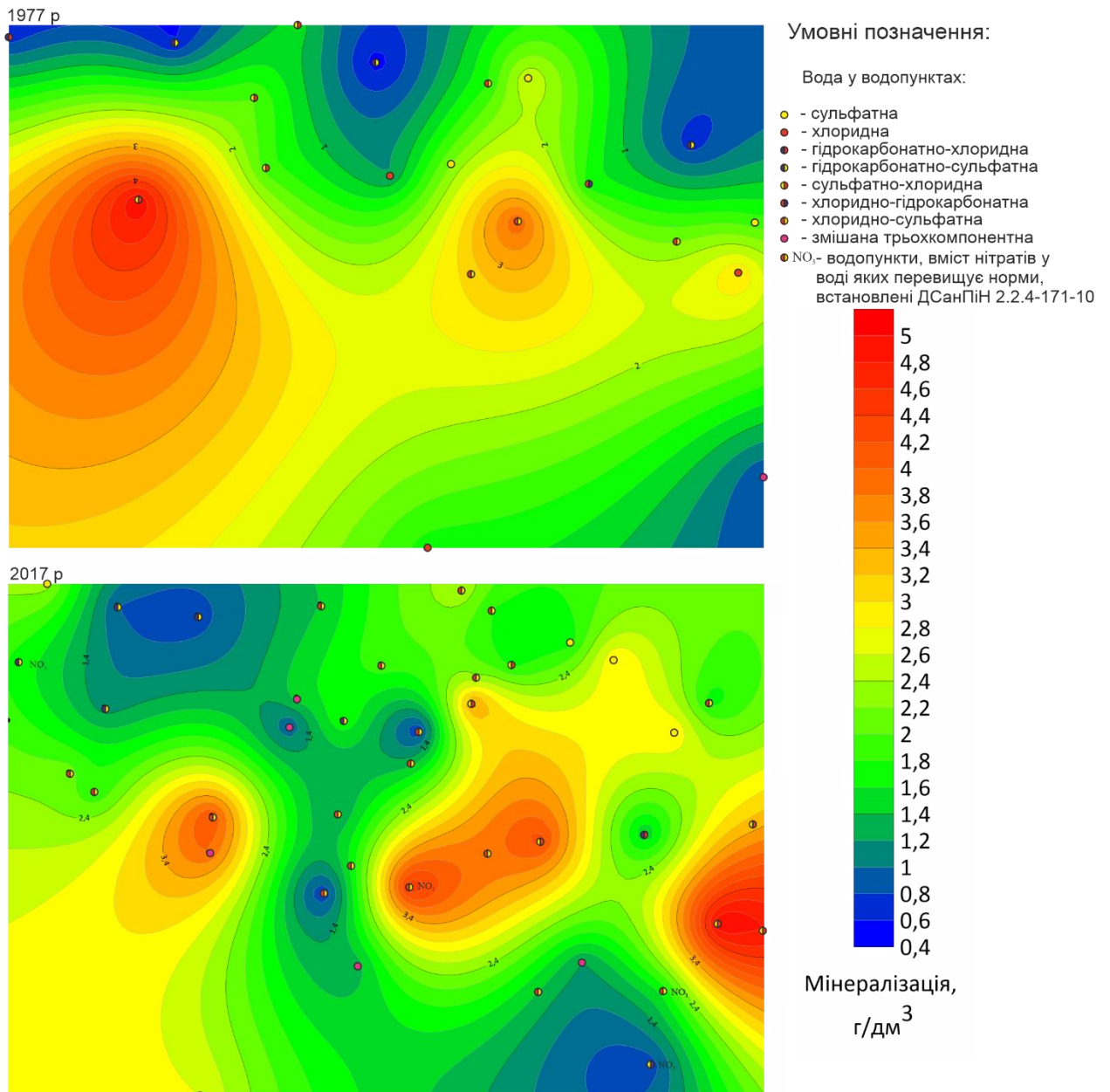


Рис.5.2 Мінералізація та хімічний склад підземних вод порід архею-протерозою в межах листа L-36-II

З карт видно, що суттєвих змін мінералізації та хімічного складу підземних вод за 40-річний період не відбулося, а отже антропогенний вплив можна вважати мінімальним. Природна хімічна зональність зберігається – слабо мінералізованим водам відповідає гідрокарбонатно-сульфатний склад, а зі збільшенням мінералізації зростає вміст хлоридів. Okремо варто зазначити, що за період 1977-2017 рр. значно зросла кількість досліджених водопунктів, що дозволило побудувати більш детальну картину якісного стану

підземних вод. Так, на 2017 рік зафіксоване забруднення підземних вод нітратами – перевищення вмісту NO_3 встановлене у чотирьох свердловинах, пробурених на водоносний горизонт у породах архею-протерозою, що становить 9,75% свердловин. За попередній період такі дані відсутні.

ВИСНОВКИ

В процесі дослідження з'ясувалося, що мінералізація та макрокомпонентний склад вод водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід у басейні Південного Бугу неоднорідні та підпорядковуються природній гідрохімічній зональності. Так, мінералізація вод змінюється від 0,35 до 1,1 г/дм³ з півночі на південь, а їх хімічний склад змінюється від гідрокарбонатного до сульфатного в південно-східному напрямку.

Більшість підземних вод водоносного горизонту в породах архео-протерозою відповідає чинному нормативу якості за показником сухого залишку (вміст розчинних солей < 1 г/дм³). Перевищення нормативу спостерігається у водах Бандурського родовища підземних вод, розташованого біля с. Бандурка Миколаївської області. Це найпівденніше родовище з наявних для проведення дослідження, тому, враховуючи той факт, що на всій території досліджень впевнено проявляється гідрохімічна зональність, можна зробити припущення, що південніше широти с. Бандурка підземні води також мають мінералізацію більшу 1 г/дм³.

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 Південного Бугу, 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 визначена кількість опадів. Окремо слід звернути увагу на антропогенний чинник, який хоч і не є головним, проте зумовлює існування значних аномалій хімічного складу підземних вод, найбільша з яких пов'язана з м. Вінниця (рис 2.4.2).

У підрозділі 2.5 був проведений аналіз окремої ділянки з області досліджень (територія аркуша Вознесенськ) у часі – за даними 1977 та 2017

років. Було встановлено, що зміна якісного стану підземних вод була мінімальною, а вивченість гідрогеологічних умов території значно покращилась.

Результати виконаного дослідження можуть бути використані під час моніторингу підземних вод та планування 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, що підтверджується побудованими картами мінералізації та хімічного складу підземних вод, переважна більшість яких відповідає нормативним вимогам. Разом з тим, південно-східна частина області досліджень наближена до регіонів, де ведуться активні бойові дії, які зумовлюють можливість хімічного або радіаційного забруднення поверхневих вод, тому в разі надзвичайної ситуації поширені там високомінералізовані підземні води можуть бути розглянуті для використання за умов залучення сучасних технологій очищення води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Визначення техногенного навантаження на масиви підземних вод (МПВ) у басейні р. Південний Буг. – Київ: ДП «Українська геологічна компанія», 2021

Ідентифікація і розмежування масивів підземних вод у басейні річки Південний Буг, Україна. – Київ: ДП «Українська геологічна компанія», 2021.

Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Центральноукраинская. Лист L-36-II. Киевский геологоразведочный трест, 1977.

Державна геологічна карта. Гідрогеологічна карта основних водоносних горизонтів і комплексів масштабу 1:200 000. Центральноукраїнська серія. Аркуш L-36-II (Вознесенськ). Державна служба геології та надр України, 2017.

Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 3. Вінницька область. 39 с.

Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 11. Київська область. 60 с.

Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 12. Кіровоградська область. 30 с.

Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 15. Миколаївська область. 20 с.

Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 16. Одеська область. 34 с.

Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 23. Хмельницька область. 40 с.

Державний баланс запасів корисних копалин. Підземні питні і технічні води. 2016. Книга 24. Черкаська область. 33 с.

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>

Костенко М.М. (2015). Щодо геотектонічного районування кристалічного фундаменту Українського щита. *Мінеральні ресурси України*. 4. 7-13.

Люта Н.Г., Саніна І.В. (2022). Умови формування якісного складу водоносних горизонтів у басейні річки Південний Буг. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 4(99)/2022. 73-79.

Методика визначення масивів поверхневих та підземних вод. Мінекології України. 2019. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0287-19#Text>

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.

План управління річковим басейном Південного Бугу: аналіз стану та першочергові заходи / Афанасьєв С., Бедзь Н., Боднарчук Т., Васильєв С., Вікторов М., Власова Т., Войтюк І., Гавриков Ю., Гайдук К., Дмитришина В., Коноваленко О., Коржик О., Крижанівський Є., Летицька О., Лисюк О., Манівчук В., Марушевська О., Мокін В., Мудра К., Осадча Н., Скоблей М., Сташук В., Чунар'єв О., Ярошевич О. За ред. С. Афанасьєва, А. Петерс, В. Сташука та О. Ярошевича. — Київ: Вид-во ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2014. — 188 с.

Ресурси поверхностных вод СССР. Описание рек и озер. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 1. Западная Украина и Молдавия. — Ленинград: Гидрометеоздат, 1978. — 490 с.

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. С.58.

Стан підземних вод. Щорічник. Київ: Державна служба геології та надр України, ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021. 124.

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

ДОДАТКИ

А

м. Бобринець, Кіровоградська область, 2006 р

HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+
5,96	8,39	0,51	1,51	2,27	0,98	1,60	1,02	0,50

$$HCO_3^- = 5,96/61,018 = 0,0977 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$SO_4^{2-} = 8,39/48,08 = 0,1745 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Cl^- = 0,51/35,475 = 0,0144 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$NO_3^- = 1,51/62,004 = 0,0244 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\Sigma \text{Аніонів} = 0,0977 + 0,1745 + 0,0144 + 0,0244 = 0,311 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Ca^{2+} = 2,27/20,04 = 0,1133 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Mg^{2+} = 0,98/12,16 = 0,0806 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Na^+ = 1,6/22,997 = 0,0696 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$K^+ = 1,02/39,096 = 0,0261 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$NH_4^+ = 0,5/18,007 = 0,0278 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\Sigma \text{Катіонів} = 0,1133 + 0,0806 + 0,0696 + 0,0261 + 0,0278 = 0,3174 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$HCO_3^- = \frac{0,0977 \cdot 100}{0,311} = 31\%$$

$$SO_4^{2-} = \frac{0,1745 \cdot 100}{0,311} = 56\%$$

$$Cl^- = \frac{0,0144 \cdot 100}{0,311} = 5\%$$

$$NO_3^- = \frac{0,0244 \cdot 100}{0,311} = 8\%$$

$$Ca^{2+} = \frac{0,1133 \cdot 100}{0,3174} = 36\%$$

$$Mg^{2+} = \frac{0,0806 \cdot 100}{0,3174} = 25\%$$

$$Na^+ = \frac{0,0696 \cdot 100}{0,3174} = 22\%$$

$$K^+ = \frac{0,0261 \cdot 100}{0,3174} = 8\%$$

$$NH_4^+ = \frac{0,0278 \cdot 100}{0,3174} = 9\%$$

$$\frac{SO_4^{2-} 56 \quad HCO_3^- 31 \quad NO_3^- 8 \quad Cl^- 5}{Ca^{2+} 36 \quad Mg^{2+} 25 \quad Na^+ 22 \quad NH_4^+ 9 \quad K^+ 8}$$

Вода сульфатно кальцієва

м. Гайворон, Кіровоградська область, 2006 р

HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+
2,40	6,16	0,38	0,97	1,25	0,48	0,81	0,78	0,61

$$HCO_3^- = 2,4/61,018 = 0,0393 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$SO_4^{2-} = 6,16/48,08 = 0,1281 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Cl^- = 0,38/35,475 = 0,0107 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$NO_3^- = 0,97/62,004 = 0,0156 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\Sigma \text{Аніонів} = 0,0393 + 0,1281 + 0,0107 + 0,0156 = 0,1937 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Ca^{2+} = 1,25/20,04 = 0,0624 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Mg^{2+} = 0,48/12,16 = 0,0395 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Na^+ = 0,81/22,997 = 0,0352 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$K^+ = 0,78/39,096 = 0,0199 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$NH_4^+ = 0,61/18,007 = 0,0339 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\Sigma \text{Катіонів} = 0,0624 + 0,0395 + 0,0352 + 0,0199 + 0,0339 = 0,1909 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$HCO_3^- = \frac{0,0393 \cdot 100}{0,1937} = 20\%$$

$$SO_4^{2-} = \frac{0,1281 \cdot 100}{0,1937} = 66\%$$

$$Cl^- = \frac{0,0107 \cdot 100}{0,1937} = 6\%$$

$$NO_3^- = \frac{0,0156 \cdot 100}{0,1937} = 8\%$$

$$Ca^{2+} = \frac{0,0624 \cdot 100}{0,1909} = 33\%$$

$$Mg^{2+} = \frac{0,0395 \cdot 100}{0,1909} = 21\%$$

$$Na^+ = \frac{0,0352 \cdot 100}{0,1909} = 18\%$$

$$K^+ = \frac{0,0199 \cdot 100}{0,1909} = 10\%$$

$$NH_4^+ = \frac{0,0339 \cdot 100}{0,1909} = 18\%$$

$$\frac{SO_4^{2-} 66 \quad HCO_3^- 20 \quad NO_3^- 8 \quad Cl^- 6}{Ca^{2+} 33 \quad Mg^{2+} 21 \quad Na^+ 18 \quad NH_4^+ 18 \quad K^+ 10}$$

Вода сульфатно кальцієва

Озірне, Черкаська область, 2006 р

HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+
3,43	6,19	0,34	1,50	1,66	0,57	1,12	0,78	0,42

$$HCO_3^- = 3,43/61,018 = 0,0562 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$SO_4^{2-} = 6,19/48,08 = 0,1287 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Cl^- = 0,34/35,475 = 0,0096 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$NO_3^- = 1,50/62,004 = 0,0241 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\Sigma \text{Аніонів} = 0,0562 + 0,1287 + 0,0096 + 0,0241 = 0,2186 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Ca^{2+} = 1,66/20,04 = 0,0828 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Mg^{2+} = 0,57/12,16 = 0,0469 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$Na^+ = 1,12/22,997 = 0,0487 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$K^+ = 0,78/39,096 = 0,0199 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$NH_4^+ = 0,42/18,007 = 0,0233 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$\Sigma \text{Катіонів} = 0,0828 + 0,0469 + 0,0487 + 0,0199 + 0,0233 = 0,2216 \text{ мг-екв/дм}^3$$

$$HCO_3^- = \frac{0,0562 \cdot 100}{0,2186} = 26\%$$

$$SO_4^{2-} = \frac{0,1287 \cdot 100}{0,2186} = 59\%$$

$$Cl^- = \frac{0,0096 \cdot 100}{0,2186} = 4\%$$

$$NO_3^- = \frac{0,0241 \cdot 100}{0,2186} = 11\%$$

$$Ca^{2+} = \frac{0,0828 \cdot 100}{0,2216} = 37\%$$

$$Mg^{2+} = \frac{0,0469 \cdot 100}{0,2216} = 21\%$$

$$Na^+ = \frac{0,0487 \cdot 100}{0,2216} = 22\%$$

$$K^+ = \frac{0,0199 \cdot 100}{0,2216} = 9\%$$

$$NH_4^+ = \frac{0,0233 \cdot 100}{0,2216} = 11\%$$

$$\frac{SO_4^{2-} 59 \quad HCO_3^- 26 \quad NO_3^- 11 \quad Cl^- 4}{Ca^{2+} 37 \quad Na^+ 22 \quad Mg^{2+} 21 \quad NH_4^+ 11 \quad K^+ 9}$$

Вода сульфатно кальцієва

Г

Область	Населений пункт, прив'язка	Родовище, ділянка	Рік введ.в експл.	Індекс	Порода	покрівля		підшва		хім.склад		Мінералізація початкова			Мінералізація поточна			Експлуатується	Середнє значення мінералізації	Місце розташування точки
						мін	макс	мін	макс	Початковий	Поточний	від	до	середня	від	до	середня			
Вінницька	між м.Бершадь та с.Глинське	БЕРШАДСЬКЕ БЕРШАДСЬКА 1	1988	AR-PR1	граніт	7	37	11	72	Г МК		0,36	0,52	0,44				так	0,57125	Бершадь
	м. Бершадь, 1-1,5 км на пн. Зх.	БЕРШАДСЬКА 2	1968	AR-PR1	граніт	32	43	67	91	Г НМК		0,5	0,6	0,55						
	м. Бершадь, 0,2-4,5 км на зх	БЕРЛАНДИНЬСКА	1987	AR-PR1	граніт	5	19	45	67	Г НМК	Г МК	0,31	0,38	0,345	0,65	0,67	0,66			
	м. Бершадь	ФЛОРИНЬСЬКЕ ФЛОРИНЬСКА	1964	PCM	граніт					Г КМ	Г МНК	0,8	1,1	0,95	0,36	0,83	0,595			
	с. Лаврівка	ВІННИЦЬКЕ БУЗЬКА	не експ.	AR-PR1	граніт					Г КМ		0,4	0,5	0,45					0,45	Лаврівка
	м. Вінниця, пд-зх частина	ВІННИЦЬКЕ 1 ВІННИЦЬКА 1.1	2009	PCM	граніт	24		150		ХГ МК	ХГ МК	0,78	0,87	0,825	1,05	1,1	1,075		0,685	Вінниця
	м. Вінниця, пд-зх частина	ВІННИЦЬКЕ 2 ВІННИЦЬКА 2.1	2009	PCM	граніт	32		125		ХГ МК	СГ МК	0,98	1,1	1,04	0,89	0,89	0,89			
	м. Вінниця, пн-сх околиця	СТРИЖАВСЬКО-БУЗЬКЕ СТРИЖАВСЬКО-БУЗЬКА		PCM	граніт	33	34	60	80	Г КМ	Г НМК	0,4	0,7	0,55	0,62	0,72	0,67			
	м. Вінниця, пд-сх околиця	ЛУКА-МЕЛІШКІВСЬКЕ ЛУКА-МЕЛІШКІВСЬКА	2014	PCM	граніт	8	10	95	100	Г МК	ХГ МК	0,2	0,45	0,325	0,76	0,78	0,77			
	м. Гайсин	ГАЙСИНЬСЬКЕ ГАЙСИНЬСКА	1969	AR-PR1	граніт	5	16	65	100	Г КМ	Г МНК	0,2	0,6	0,4	0,49	0,58	0,535		0,4125	Гайсин
	між с. Гунча та Адамівка, 8 км на пн від м. Гайсин	ГУНЧАНЬСЬКЕ ГУНЧАНЬСКА	не експ.	AR-PR1	граніт	6	51	87	110	Г МК	Г МК	0,3	0,4	0,35						
	м. Гайсин, 14 км на пн	ПІВНІЧНА	не експ.	AR-PR1	граніт	9	53	38	110	Г МК		0,3	0,4	0,35						
	між с. Кочурів та Гнатівка	ГАЙСИНЬСЬКЕ КОЧУРІВСЬКА	1978	AR-PR1	граніт	5	12	98	120	Г МК	Г МК	0,4	0,7	0,55	0,49	0,54	0,515			
м. Жмеринка, 1 км на пн	ЖМЕРИНЬСЬКЕ ПІВНІЧНА	не експ.	AR-PR1	граніт	22	29	60	65	Г К		0,37	1,15	0,76					0,76	Жмеринка	

Продовження додатка Г

Вінницька	с. Неменка, 3 км нижче по течії від м. Іллінці	ІЛЛІНЕЦЬКЕ НЕМЕНСЬКА	1968	AR-PR1	граніт	11	39	64	72	Г К	Г МК	0,3	0,5	0,4	0,53	0,63	0,58		0,55	Іллінці	
	м. Іллінці, центральна частина	ЛЮСТДОРФІВСЬКЕ ЛЮСТДОРФІВСЬКА		PCM	граніт	10	30	37	65	Г С	Г МК	0,5	0,9	0,7	0,64	0,85	0,745				
	с. Черепашинці, 1,5 км на пд	ЧЕРЕПАШИНСЬКЕ ЧЕРЕПАШИНСЬКА 2	2000	AR-PR1	граніт	59		120		Г МК		0,56	0,65	0,605					0,5175	Калинівка- Черепашинці	
	м. Калинівка, пн-зх частина	КАЛИНІВКА КАЛИНІВКА 3		PCM	граніт	46		119		Г МК	Г МК	0,24	0,62	0,43	0,55	0,66	0,605				
	с. Стара Прилука, 6 км на пн зх від смт. Турбів	ВІННИЦЬКЕ ДЕСНЯНСЬКА	не експ.	AR-PR1	граніт					Г КМ		0,4	0,5	0,45					0,45	Стара Прилука	
	м. Липовець	ЛИПОВЕЦЬКЕ ЛИПОВЕЦЬКА	1959	AR-PR1	граніт	18	34	70	120	Г МК	Г НМК	0,2	0,4	0,3	0,54	0,55	0,545				
	м. Липовець, 2 км на пд	КАМ'ЯНСЬКА	не експ.	AR-PR1	граніт	23	32	78	78	Г МК		0,3	0,5	0,4					0,366666667	Липовець	
	м. Липовець, 2,5 км на пн	СЛАВНЕНСЬКА	1992	AR-PR1	граніт	9	21	52	82	Г МК	Г МНК	0,3	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6				
	м. Немирів, 2,5 км на пд сх	НЕМИРІВСЬКЕ СКІФСЬКА	1978	AR-PR1	граніт	3	14	60	67	Г МК	Г МК	0,4	0,5	0,45	0,48	0,52	0,5		0,55	Немирів	
	м. Немирів, пн-сх околиця	НЕМИРІВСЬКЕ НЕМИРІВСЬКА 1	2008	AR-PR1	граніт	14	16	26	68	Г К	Г МК	0,5	0,8	0,65	0,76	0,76	0,76				
	м. Немирів, пн-зх околиця	НЕМИРІВСЬКА 2		AR-PR1	граніт	40		86		Г К	Г МК										
	смт. Тростянець, пн- зх околиця	ТРОСТЯНЕЦЬКЕ ТРОСТЯНЕЦЬКА 3	1965	AR-PR1	граніт	20	22	77	89	Г МК		0,4	0,9	0,65					0,65	Тростянець	
	м. Тульчин	ТУЛЬЧИНСЬКЕ ТУЛЬЧИНСЬКА 2	1963	AR-PR1	граніт	12		100		Г МК		0,65	0,78	0,715					0,715	Тульчин	
	с. Ворошилівка	ГНІВАНСЬКЕ ВОРОШИЛІВСЬКА	не експ.	AR-PR1	граніт	13	38	100	114	Г КМ		0,33	0,5	0,415							
смт. Гнівань, сх околиця	ВІТАВСЬКА	1970	AR-PR1	граніт	8,2	40	72	120	Г МК		0,28	0,4	0,34					0,375	Гнівань		
с. Грижинці	ГРИЖИНСЬКА	не експ.	AR-PR1	граніт	22	42	70	104	Г МК		0,33	0,41	0,37								

Продовження додатка Г

Черкаська	м. Жашків, пд-сх, пн-сх околиці	ЖАШКІВСЬКЕ ГОРОДИЩЕНСЬКА	не експ.	PCM	мігматит	26	41	71	92	Г КМ		0,4	0,7	0,55							
	м. Жашків, пд околиця	ЖАШКІВСЬКА	не експ.	PCM	мігматит	36	79	45	122	Г КМ		0,2	0,7	0,45					0,483333333	Жашків	
	м. Жашків, пн околиця	ЮРКІВСЬКА	1985	PCM	мігматит	19	51	74	119	Г КМ		0,4	0,5	0,45							
	м. Звенигородка, сх околиця	СХІДНА	2004	AR-PR1	гнейс	21	71	114	166	Г КМ		0,3	0,65	0,475							
	м. Звенигородка, пд та пд-зх околиця	ЗВЕНИГОРОДСЬКА	1964	AR-PR1	мігматит	5,6	52	100	138	Г КМ		0,3	0,5	0,4					0,48125	Звенигородка	
	м. Звенигородка, пн околиця	ПІВНІЧНА	не експ.	AR-PR1	мігматит	8	59	93	121	Г КМ		0,3	0,7	0,5							
	між хут. Червоний та пн околицю м. Звенигородка	СТЕБНІВСЬКА	1964	AR-PR1	мігматит	8,4	66	92	152	Г КМ		0,4	0,7	0,55							
	смт. Ватутіне, пд околиця	ВАТУТІНСЬКА	1964	PCM	гнейс	0,5	8		74	Г КН		0,4	0,5	0,45					0,45	Ватутіне	
	смт. Єрки	ЗВЕНИГОРОДСЬКО-КАТЕРИНОПІЛЬСЬКЕ "КАТЕРИНОПІЛЬСЬКИЙ ЕЛЕВАТОР"	не експ.	AR-PR1	граніт	25	42	46	100	ГХ НК		0,6	1,6	1,1					1,1	Єрки	
	смт. Катеринопіль, на пн	КАТЕРИНОПІЛЬСЬКА	не експ.	AR-PR1	гнейс	6,2	51	43	93	Г КМ		0,7	1,5	1,1					1,1	Катеринопіль	
	смт. Маньківка, 0,5 км на пд	МАНЬКІВСЬКЕ МАНЬКІВСЬКА	не експ.	AR-PR1	мігматит	14	35	50	81	ХС МК		0,3	0,9	0,6					0,6	Маньківка	
	смт. Маньківка, 8 км на сх	ІВАНЬКІВСЬКА	не експ.	AR-PR1	мігматит	15	35	68	110	ХС МК		0,3	0,9	0,6							
	с. Левада, с. Тальне, 8 км на пд	ТАЛЬНІВСЬКЕ БАЛАШКІВСЬКА	не експ.	AR-PR1	мігматит	6	36	60	103	Г КМ		0,3	0,6	0,45					0,45	Левада	
	м. Умань, 15 км на сх	БАБАНСЬКЕ БАБАНСЬКА	не експ.	PCM	граніт	5	34	36	105	Г КМ		0,3	0,7	0,5					0,5	Бабанка	
	м. Умань, 20 км на пд сх	ЯТРАНСЬКЕ ЯТРАНСЬКА	не експ.	PCM	мігматит	6	26	43	113	Г КМ		0,3	0,7	0,5					0,5	Ятранівка	
	м. Умань, 3 км на пн зх	УМАНСЬКЕ ОЛЕКСАНДРІВСЬКА	1965	AR-PR1	граніт	8,4	47	103	134	Г КМ		0,3	0,5	0,4							
	с. Городецьке, 2 км на сх	ГОРОДЕЦЬКА	1965	AR-PR1	граніт	5,3	21	23	150	Г КМ		0,3	0,7	0,5							
	м. Умань, східна околиця	ГУСАКІВСЬКА	1965	AR-PR1	граніт	5,5	8	7,5	12	Г КМ		0,3	0,7	0,5					0,46	Умань	
	м. Умань, пд-зх околиця	ПАЛАНКІВСЬКА	1966	AR-PR1	граніт	7,3	31	37	123	Г КМ		0,3	0,5	0,4							
	м. Умань, 3-7 км на пн-сх	ПІКОВЕЦЬКА	1975	PCM	граніт	2	44	50	131	Г КМ		0,3	0,7	0,5							
м. Христинівка, 2-6 км на пд	ХРИСТИНІВСЬКЕ ОРАДІВСЬКА	1968	PCM	мігматит	5	51	48	104	Г КМ		0,4	0,6	0,5								
м. Христинівка, 3-5 км на пн	РУДКІВСЬКА	не експ.	PCM	мігматит	16	30	70	108	Г КМ		0,4	0,6	0,5					0,5	Христинівка		
м. Христинівка, пд околиця	ХРИСТИНІВСЬКА	1963	PCM	мігматит	44		135		Г КМ		0,4	0,6	0,5								

Продовження додатка Г

Кіровоградська	м. Гайворон, 1,5-2 км на пн від міста	ГАЙВОРОНСЬКЕ БУДЬОНІВСЬКА	1987	AR-PR1	гнейс	2,5	20	34	100	Г НК		0,3	0,7	0,5				0,5	Гайворон
	смт. Завалля, на зх	ЗАВАЛЛІВСЬКЕ ЗАВАЛЛІВСЬКА	1968	AR-PR1	гнейс	3	42	60	100	Г КМН		0,5	0,8	0,65				0,633333333	Завалля
	смт. Завалля, на зх	ПІВНІЧНА	не експ.	AR-PR1	кальцифір	9,8	33	40	71	Г КМН		0,4	0,9	0,65					
	смт. Завалля, на пд зх	ПІВДЕННА	не експ.	AR-PR1	гнейс	5	32	50	81	Г КМН		0,3	0,9	0,6					
	смт. Голованівськ, 8 км на пн, долина р. Циганка	ГОЛОВАНІВСЬКЕ ВЕРБІВСЬКА	не експ.	AR-PR1	граніт	6,7	11	50	90	Г КН		0,4	0,6	0,5				0,666666667	Голованівськ
	смт. Голованівськ, на зх та пд сх	ГОЛОВАНІВСЬКА 1	не експ.	AR-PR1	граніт	14	74	58	104	Г НК		0,4	0,6	0,5					
	смт. Голованівськ, пн околиця	ГОЛОВАНІВСЬКА 2	1962	AR-PR1	гнейс	21	24	30	41	Г К		0,9	1,1	1					
	смт. Добровеличківка, 2 км на пн	ДОБРОВЕЛИЧКІВСЬКЕ ДОБРОВЕЛИЧКІВСЬКА	1960	AR-PR1	граніт	36	53	100	130	Г КМ		0,5	0,8	0,65				0,575	Добровеличківка
	смт. Добровеличківка, 3-5 км. на пн	ТАШЛИЦЬКА	не експ.	AR-PR1	граніт	12	17	50	69	ГС КН		0,4	0,6	0,5					
	смт. Компаніївка	КОМПАНІЇВСЬКЕ КОМПАНІЇВСЬКА 2	1999	AR-PR1	гнейс	43	50	70	83	ГС НК		0,6	1	0,8				0,825	Компаніївка
	смт. Компаніївка, 3 км на пн зх	КОМПАНІЇВСЬКА 1	1965	AR-PR1	гнейс	40	86	103	147	СГ НК		0,6	1,1	0,85					
	с. Новоархангельськ, 1-2 км на пн	НОВОАРХАНГЕЛЬСЬКЕ СВЕРДЛИКІВСЬКА	не експ.	AR-PR1	гнейс	4,6	19	64	82	Г МК		0,2	0,6	0,4				0,4	Новоархангельськ
м. Улянівка, 1-1,5 км на пд	УЛЯНІВСЬКЕ ШАМРАЇВСЬКА	не експ.	AR-PR1	гнейс	8	47	54	104	Г КМ		0,57	1	0,785				0,785	Улянівка	
Миколаївська	с. Бандурка	БАНДУРСЬКЕ БАНДУРСЬКА		PCM	гнейс	64	113	12	167	ГС МК	ХГС МНК	0,61	1,52	1,065	0,5	1,4	0,95	1,065	Бандурка
Київська	смт. Ставище, на пн сх	СТАВИЩЕНСЬКЕ ВИШКІВСЬКА	не експ.	AR-PR1	граніт	38	80	72	110	Г КМ		0,32	0,52	0,42				0,4225	Ставище
	смт. Ставище	СТАВИЩЕНСЬКА	1968	AR-PR1	граніт	50	70	100	110	Г КМ		0,4	0,45	0,425					