

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»

**КОНОНЕНКО АЛІНА ВОЛОДИМИРІВНА**

УДК 556.314(477.52/.6):504.61(043.5)

**ЧИННИКИ ЕКОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ХІМІЧНОГО  
СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ВОД МЕРГЕЛЬНО-КРЕЙДЯНОГО ВОДОНОСНОГО  
ГОРИЗОНТУ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата геологічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі гідрогеології факультету геології, географії, рекреації і туризму Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна МОН України

**Науковий керівник:** доктор геологічних наук, доцент  
**Удалов Ігор Валерійович**,  
завідувач кафедри гідрогеології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна МОН України, м. Харків

**Офіційні опоненти:** доктор геолого-мінералогічних наук, професор  
**Огняник Микола Степанович**,  
завідувач відділом охорони підземних вод Інституту геологічних наук НАН України, м. Київ

доктор технічних наук  
**Яковлєв Євген Олександрович**,  
головний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

Захист відбудеться "25" червня 2019 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.192.01 у Державній установі «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», за адресою: 03680, м. Київ, пр. Академіка Палладіна, 34-а. Тел./факс: +38 044 502 12 29, Електронна пошта: [igms@nas.gov.ua](mailto:igms@nas.gov.ua).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», за адресою: 03680, м. Київ, пр. Палладіна, 34-а.

Автореферат розіслано "17" травня 2019 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради Д 26.192.01  
кандидат геолого-мінералогічних наук



Яценко В. Г.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Проблема забезпечення населення якісною питною водою є однією із найважливіших екологічних проблем України. Особливо складна ситуація з якістю питних вод склалася у східних промислових регіонах нашої країни, в яких не тільки поверхневі води, а й особливо цінні запаси питних підземних вод зазнають значних змін ресурсних та якісних параметрів.

Сучасний екологічний стан підземної гідросфери східних промислових регіонів України досліджено на прикладі одних із найбільших водозаборів Харківської і Луганської областей: Світлічанського, Житлівського та комплексу водозаборів Харківського регіону, що використовують для питного водопостачання населення мергельно-крейдяний водоносний горизонт (МКВГ). Характерною особливістю цих регіонів є висока концентрація різних типів природно-техногенних систем (Г. Н. Голубев, 1999) та значна площа урбанізованих територій з високою щільністю населення. Водночас МКВГ є не захищеним від поверхневого забруднення. За таких умов підземні води зазнають суттєвих еволюційних змін хімічного складу при зростаючих техногенних навантаженнях. Ці особливості обумовлюють необхідність комплексу еколого-гідрогеологічних досліджень, спрямованих на виділення природних і техногенних чинників, що впливають на якість та еволюцію хімічного складу підземних вод в різних техногенно-геологічних умовах з подальшою розробкою заходів та рекомендацій для стабілізації їх хімічного складу.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано на кафедрі гідрогеології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна за період навчання в аспірантурі (2015-2018 рр.) в рамках загальнодержавної програми «Питна вода України на 2006-2020 рр.». Дисертаційна робота пов'язана з напрямками науково-дослідних робіт у виконанні яких приймала участь здобувач («Разработка основных технических мероприятий для определения режимов работы оборотного цикла водоснабжения мокрых газоочисток и оборотных циклов» № 218-93 от 26.09.18 г. с ЧАО «МК «Азовсталь» *(виконавець)*; «Захист водних об'єктів від високомінералізованих шахтних, кар'єрних та стічних вод на базі інноваційних технологій їх переробки» № ДР 0118U000524 *(виконавець)* та «Геолого-економічна оцінка запасів питних підземних вод з техніко-економічним обґрунтуванням видобутку їх в межах ділянки водозабору ТЦСК» № ДР У-14-255/1 *(виконавець)*).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є виявлення еколого-гідрогеологічних чинників еволюції хімічного складу підземних вод МКВГ на водозаборах східної частини Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) в різних техногенно-геологічних умовах для наукового обґрунтування екологічної безпеки питного водопостачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні **задачі**: 1. оцінити еволюційні зміни хімічного складу підземних вод в залежності від величини водовідбору в зоні впливу регіонального тектонічного порушення та техногенного навантаження; 2. виявити передумови розвитку гідрогеологічних «вікон» в водотривкій товщі МКВГ та розробити їх класифікацію; 3. розрахувати індивідуальний і колективний радіаційні ризики для здоров'я населення шляхом

використання фактичних даних вмісту природних радіонуклідів ( $^{226}\text{Ra}$  та  $^{222}\text{Rn}$ ) в питних підземних водах; 4. виділити пріоритетні показники хімічного складу підземних вод для моніторингу на локальному рівні; 5. виділити перспективні ділянки піщаних річкових терас (ПРТ) в долині р. Сіверського Дінця для створення нових водозаборів, кількісно оцінити прогностичні ресурси підземних вод на цих ділянках.

**Об'єктом дослідження** є хімічний склад питних підземних вод МКВГ.

**Предметом дослідження** є чинники, що впливають на еволюцію хімічного складу підземних вод МКВГ в процесі експлуатації водозаборів.

**Методи дослідження.** У роботі використано загальнонаукові методи (систематизації, аналізу, аналогії, класифікації) та спеціальні (геологічні та гідрогеологічні (балансовий метод оцінки ресурсів та притоків високомінералізованих вод), екологічні (методологія оцінки ризиків), математико-статистичні (кореляційний, регресійний аналізи), геоінформаційні (метод моделювання) та ін.). Для математико-статистичної обробки фактичного матеріалу застосовано пакети програм Microsoft Excel 2010 і Statistica. Для побудови картографічних схем, графіків в геоінформаційних системах застосовано програми CorelDRAW X5 і MapInfo Professional.

**Фактичний матеріал і достовірність наукових результатів.** Основою дисертаційного дослідження є фактичні матеріали, зібрані і проаналізовані за період навчання в аспірантурі та під час виконання науково-дослідних робіт. Автором досліджено результати понад 1,5 тис. загальних хімічних аналізів проб води по свердловинах трьох водозаборів (близько 100 свердловин) за більше ніж 50-річний період часу.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На території східної частини ДДЗ для МКВГ за тривалий період експлуатації проаналізовано еволюцію хімічного складу питних підземних вод в різних техногенно-геологічних умовах та встановлено основні чинники зниження їх якості. Для досліджуваної території отримано наступні наукові результати, *вперше*:

- встановлено і кількісно оцінено зв'язок зміни мінералізації підземних вод від величини водовідбору в зоні впливу Північнодонецького насуву, виявлено пряму позитивну кореляцію між цими параметрами та обґрунтовано оптимізацію водовідбору;

- встановлено, що якість підземних вод в зоні розвитку гідрогеологічних «вікон» визначається інфільтрацією забруднюючих речовин з поверхні ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) та їх підтоком знизу (йони Cr, Pb, Ba, Mn, Fe та  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ). Виявлено основні передумови розвитку «вікон» та запропоновано класифікацію, яка дозволяє визначати ступінь їх екологічної безпеки у формуванні якості підземних вод;

- на основі аналізу еколого-гідрогеологічних, геологічних, геоморфологічних і ландшафтних умов виділено перспективні ділянки ПРТ в долині р. Сіверського Дінця для створення нових водозаборів на МКВГ та оцінено прогностичні ресурси питних підземних вод цих ділянок;

- вдосконалено підхід до оцінки радіаційного ризику на основі даних про вміст природних радіонуклідів ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ) в підземних водах, що використовуються населенням для господарсько-питних потреб в Північно-

Східному Донбасі та підхід до проведення моніторингу на локальному рівні шляхом виділення пріоритетних показників якісного складу підземних вод.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропоновано схему перспективних ділянок ПРТ у долині р. Сіверського Дінця для створення нових водозаборів та здійснено оцінку прогностичних ресурсів питних підземних вод в межах цих ділянок в кількості 613 тис. м<sup>3</sup>/добу, що дозволить забезпечити питною водою високої якості перспективну чисельність населення в 50,0 млн. чоловік з ймовірністю використання цих ресурсів на 81,6 %.

Запропоновано «Спосіб збільшення запасів підземних вод на площинних водозаборах», на який отримано позитивне рішення про видачу патенту на винахід по заявці № u201811521.

Виділено пріоритетні показники якісного складу підземних вод крейдяних водозаборів східної частини ДДЗ, що дозволить контролювати їх вміст при систематичному моніторингу на локальному рівні.

Результати дисертаційної роботи використані при викладанні ряду дисциплін на кафедрі гідрогеології факультету геології, географії, рекреації і туризму Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна («Оцінка запасів підземних вод», «Радіогідрогеологія»).

**Особистий внесок здобувача.** Автор безпосередньо приймала участь у виконанні всіх етапів проведення наукових досліджень – від аналізу літературних джерел, постановки мети, завдань до отримання й обробки результатів, формулювання основних положень роботи і висновків. Усі наукові та практичні результати, що наведені в дисертації, отримані особисто автором. Безпосередньо автором розроблено класифікацію гідрогеологічних «вікон», підраховано радіаційні ризики та прогностичні ресурси підземних вод; виділено пріоритетні показники якісного складу підземних вод; розроблено заходи для стабілізації хімічного складу підземних вод; побудовано серію електронних схем, рисунків та здійснено їх інтерпретацію.

**Апробація результатів дослідження.** Основні теоретичні, методологічні та практичні результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та отримали позитивну оцінку на українських і міжнародних науково-практичних конференціях, серед яких: I, II, III, IV, V Наукова конференції «Гідрогеологія: наука, освіта, практика», м. Харків, Україна, 2014 р., 2015 р., 2016 р., 2017 р., 2018 р.; Науково-практична конференція пам'яті В. П. Макридіна «Новітні проблеми геології», м. Харків, Україна, 2016 р.; Регіон – 2016: Міжнародна науково-практична конференція «Стратегія оптимального розвитку», м. Харків, Україна, 2016 р.; IV Міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», м. Трускавець, Україна, 2017 р.; I, II Наукова конференція студентів і аспірантів «Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді», м. Харків, Україна, 2017 р., 2018 р.; III Международная научно-практическая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых в рамках Года науки в Республике Беларусь «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств», г. Гомель, Беларусь, 2017 г.; VII Всеукраїнська молодіжна наукова конференція-школа «Сучасні проблеми наук про Землю», м. Київ, Україна, 2017 р.; XIII Міжнародна

науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення», м. Харків, Україна, 2017 р.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 20 наукових праць, з яких 5 статей у фахових виданнях МОН України, 2 – у закордонному виданні, 1 – у виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази (Scopus) та 12 тез доповідей у збірках матеріалів закордонних, міжнародних і вітчизняних науково-практичних конференцій. Загальний обсяг публікацій – 4,14 д.а., у тому числі 3,18 д.а. належить особисто автору.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 170 найменувань на 17 сторінках, 5 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 188 сторінок комп'ютерного тексту, з яких основний текст 121 сторінка. Дисертація містить 19 таблиць, 48 рисунків,.

**Подяки.** Автор щиро вдячна д-ру геол. наук, професору В. В. Доліну, д-ру геол.-мін. наук, професору. А. Й. Лур'є, д-ру геол. наук, доценту В. В. Яковлеву, д-ру геол.-мін. наук, професору В. Г. Суярко за поради та консультації при виконанні роботи. Особливу подяку автор висловлює науковому керівнику д-ру геол. наук, доценту І. В. Удалову.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, її зв'язок з науковими програмами, планами і темами, сформульовано мету, об'єкт, предмет і задачі дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, особистий внесок автора й апробація результатів дослідження.

У першому розділі роботи «**Поняття «еколого-гідрогеологічної еволюції» та особливості геологічної будови території досліджень»** автором сформульовано визначення цього поняття та описано чинники еволюції, також проаналізовано роботи відомих вчених, фахівців з даного питання та охарактеризовано основні особливості геологічної будови території досліджень.

Незважаючи на тривалу історію і достатню вивченість процесів, які виникають в підземній гідросфері в результаті техногенної діяльності, оцінка еволюційних змін її якісного складу, як і раніше викликає великий теоретичний і практичний інтерес. В основному це пов'язано з особливостями стану підземної гідросфери в різних геологічних умовах, здатністю пристосовуватись до зростаючого техногенного впливу та винятковою цінністю підземних вод як джерела питного водопостачання.

Для дисертанта великий науковий інтерес представляли роботи вітчизняних та зарубіжних вчених, які пов'язані з оцінкою екологічного стану підземної гідросфери в природних та техногенних умовах. Це наукові праці вітчизняних вчених В. М. Шестопалова (1989, 1991), Г. В. Лисиченка (2008, 2011), Ю. Л. Забулонова (2008), М. С. Огняника (1985), Є. О. Яковлева (1993), І. В. Удалова (2016), К. А. Немця (1978), В. Г. Суярка (2004), В. В. Яковлева (2017) та ін. і зарубіжних вчених В. М. Гольдберга (1976, 1984, 1987), Ф. М. Бочевера (1972) А. Є. Орадовської (1979, 1987), І. С. Зекцера (2001), В. А. Мироненка (1980, 1988), М. І. Плотнікова (1983, 1985, 1989), С. Р. Крайнова (1980), В. М. Швеця (1987) та ін.

Особливості еволюції хімічного складу підземних вод МКВГ східної частини ДДЗ досліджено на прикладі 3-х найбільших водозаборів: Світлічанському, Житлівському (Луганська область) та комплексі мергельно-крейдянних водозаборів Харківського регіону (Куп'янський і Вовчанський водозабори). Характерною особливістю кожного із досліджуваних водозаборів є різнофакторність формування хімічного складу підземних вод.

Геологічна будова території досліджень представлена відкладами від палеозойського до кайнозойського періодів. В роботі охарактеризовано мергельно-крейдяні відклади тріщинуватої зони верхньої крейди. Встановлене їх повсюдне поширення в межах території досліджень з характерним коливанням глибини залягання від 0 до 660,0 м.

В тектонічному відношенні територія досліджень характеризується складністю будови та визначається розташуванням в межах 3-х структур регіонального значення: південно-західного схилу Воронежського кристалічного масиву та в зоні зчленування північно-східної частини ДДЗ з Донецькою складчастою спорудою. Безпосередній вплив на формування якісного складу підземних вод регіону створює Північнодонецький насув.

Гідрогеологічні умови території досліджень описуються належністю її до 2-х гідрогеологічних структур: північно-східної частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну і Донецької складчастої гідрогеологічної області. Детальна увага приділена характеристиці підземних вод тріщинуватої зони верхньої крейди, як основного джерела питного водопостачання території досліджень.

У другому розділі **«Загальні принципи еволюції хімічного складу підземних вод мергельно-крейдяного водоносного горизонту східної частини Дніпровсько-Донецької западини»** приведено геолого-гідрогеологічні характеристики досліджуваних водозаборів та описано особливості еволюції хімічного складу підземних вод на кожному із них.

Для виявлення пріоритетного чинника формування хімічного складу підземних вод на Світлічанському водозаборі проаналізовано дані по загальній жорсткості і сухому залишку підземних вод по 6 групам свердловин водозабору та по поверхневим водам р. Сіверський Донець за більш ніж 60-річний період часу (1954-2015 рр.). Аналіз динаміки зростання сухого залишку і жорсткості підземних і річкових вод (рис. 1) дозволяє зробити висновок про безсумнівний вплив скиду шахтних вод шахти «Пролетарська» на їх хімічний склад. Об'єми скиду шахтних вод (1961-1998 рр.) в середньому складали близько 3,5 тис. м<sup>3</sup>/добу, з сухим залишком 18,0-23,5 г/дм<sup>3</sup>. За хімічним складом шахтні води характеризувалися як хлоридно-натрієві. Поверхневий скид шахтних вод призвів до утворення лінзи забруднення підземних вод з мінералізацією до 6,0 г/дм<sup>3</sup> в районі Правобережної, а згодом і інших груп свердловин. Це призвело до еволюційних змін хімічного складу підземних вод водозабору (табл.1).

Одним із негативних наслідків ліквідації шахти «Пролетарської» є розвиток забруднення підземних вод водозабору важкими металами 1-3 класу небезпеки (Fe<sub>заг.</sub> 5,0-10,0 мг/дм<sup>3</sup> (перевищення 10 ГДК), Pb – 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (5 ГДК), Mn – 0,316 мг/дм<sup>3</sup> (6 ГДК), Ba – 0,940 мг/дм<sup>3</sup> (9 ГДК), Cr – 0,263 мг/дм<sup>3</sup> (5 ГДК) та ін.) і природними радіонуклідами (<sup>222</sup>Rn 90,0-240,0 Бк/дм<sup>3</sup> (2 ГДК)) [ДержСанПін, 2010].

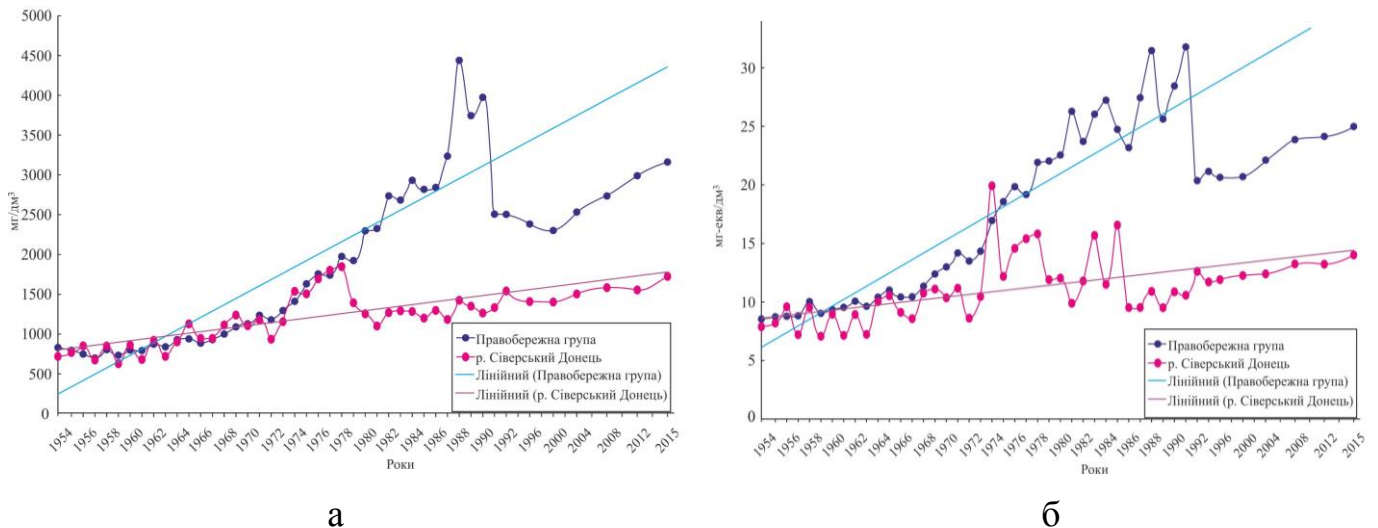


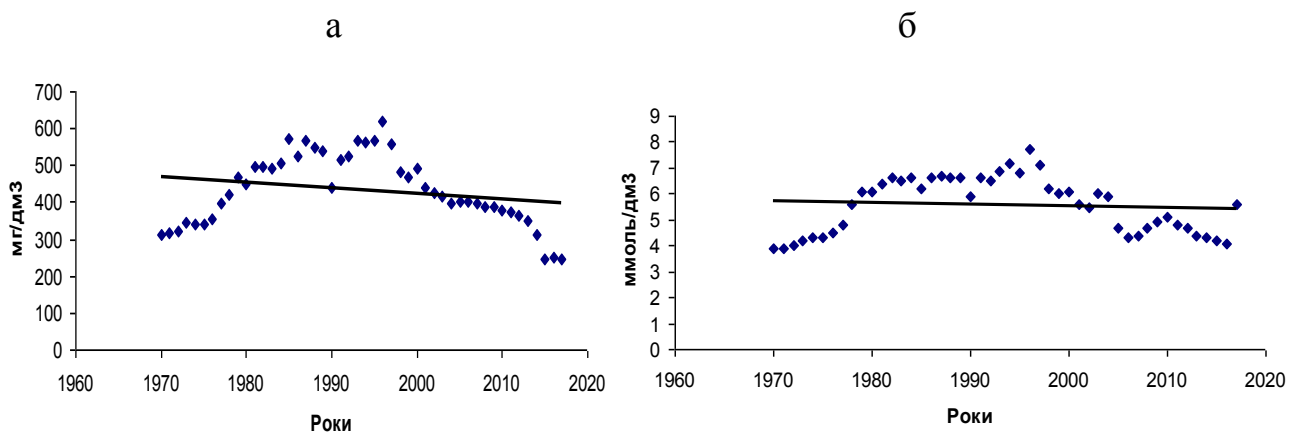
Рис. 1. Графіки коливань сухого залишку (а) і загальної жорсткості (б) підземних вод по Правобережній групі свердловин і р. Сіверський Донець (побудовано автором)

Таблиця 1

Еволюція хімічного складу підземних вод на Світлічанському водозаборі (1954-2015 рр.) (складено автором)

Величина для порівняння	Хімічний склад підземних вод в початковий період експлуатації (до 1961 р.)	Хімічний склад підземних вод на сьогоднішній день (2015 р.)
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	435,0-915,0	2100
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	3,15-5,15	22,0
Хімічний тип вод	гідрокарбонатно-сульфатні	гідрокарбонатно-хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві

Для виявлення пріоритетного чинника формування якості підземних вод на Житлівському водозаборі проаналізовано дані по мінералізації (а), загальній жорсткості (б) та водовідбору (в) підземних вод за 47-річний період часу (1970-2017 рр.) (рис. 2).



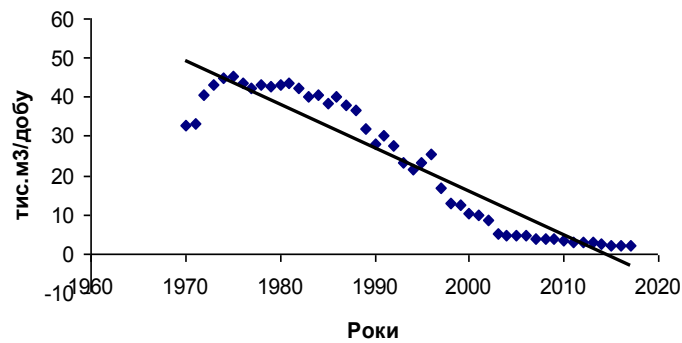


Рис. 2. Графіки коливань мінералізації (а), загальної жорсткості (б) та водовідбору (в) на Житлівському водозаборі за період (1970-1917 рр.) (побудовано автором)

Для з'ясування зв'язку між мінералізацією і водовідбором на водозаборі використано методіку кореляційного аналізу. Коефіцієнт кореляції розраховано за формулою Спірмена:

$$r_s = 1 - 6 \cdot \frac{\sum d^2}{N \cdot (N^2 - 1)}, \quad (1.1)$$

де  $d^2$  – квадрат різниць між рангами;  $N$  – кількість ознак, які брали участь в ранжуванні.

Розрахований коефіцієнт кореляції підтверджує залежність змін мінералізації підземних вод від величини водовідбору в зоні впливу насуву та характеризується високим ступенем прямого взаємозв'язку  $r_s = 0,98$  (рис. 3).

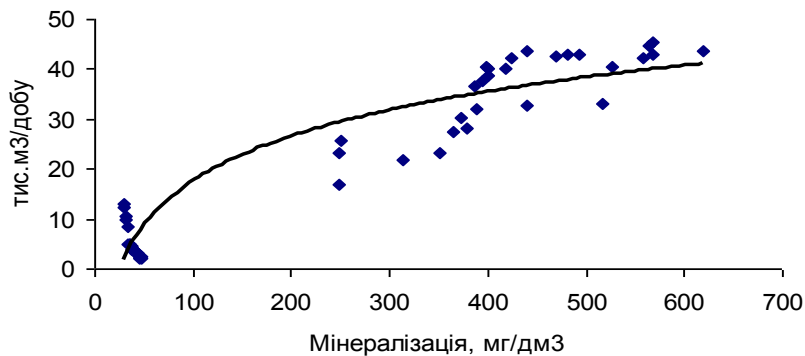


Рис. 3. Кореляційний зв'язок між мінералізацією підземних вод та водовідбором на Житлівському водозаборі в зоні впливу Північнодонецького насуву (побудовано автором)

Встановлена залежність з урахуванням довжини похідного ряду має прогнозний характер. За допомогою регресійного аналізу розраховано, що збільшення об'ємів водовідбору призведе до збільшення мінералізації підземних вод і навпаки. Рівняння зв'язку між параметрами:

$$y = 1,89x + 389,4, \quad (1.2)$$

де  $y$  – мінералізація підземних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $x$  – величина водовідбору, тис. м<sup>3</sup>/добу.

Таким чином встановлено, що еволюція хімічного складу підземних вод на Житлівському водозаборі залежить від величини водовідбору (табл. 2).

Таблиця 2

Еволюція хімічного складу підземних вод на Житлівському водозаборі (1970-2017 рр.) (складено автором)

Величина для порівняння	Хімічний склад підземних вод на період розвідки (1963 р.)	Хімічний склад підземних вод на проміжному етапі експлуатації (1996 р.)	Хімічний склад підземних вод на сьогоднішній день (2017 р.)
Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	190,0	600,0	350,0
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	2,2	7,7	4,80
Водовідбір, тис. м <sup>3</sup> /добу	–	25,6	2,3
Хімічний тип вод	гідрокарбонатно-кальцієві	сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієві	гідрокарбонатно-кальцієві

За допомогою спрощених балансових розрахунків визначено величину притоку високомінералізованих вод тріасового водоносного горизонту в МКВГ Житлівського водозабору з урахуванням величини водовідбору. Отримано результати, які показують, що в процентному співвідношенні він складає 35,29 % або 17,09 дм<sup>3</sup>/с.

Особливості еволюції хімічного складу підземних вод комплексу мергельно-крейдянних водозаборів Харківського регіону досліджено на прикладі Вовчанського і Куп'янського водозаборів. Аналіз фактичного матеріалу по Вовчанському водозабору за 41 рік (1976-2017 рр.) дає підстави стверджувати, що якісний склад підземних вод за макрокомпонентними показниками є стабільним. За хімічним типом води характеризуються як сульфатно-гідрокарбонатні натрієво-кальцієві з мінералізацією від 0,65 до 0,7 г/дм<sup>3</sup> (рис. 4). Загальна жорсткість підземних вод на водозаборі характеризується невеликим перевищенням нормативного значення – у середньому 7,26 ммоль/дм<sup>3</sup>. Вміст нітратів коливається у межах 0,9-40,0 мг/дм<sup>3</sup>, при середньому значенні 22,0 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрація хлоридів є достатньо стабільною 32,0-43,0 мг/дм<sup>3</sup>, з початку експлуатації не перевищує 71,0 мг/дм<sup>3</sup>, середнє значення становить 45,45 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст сульфатів знаходиться в межах 70,0-150,0 мг/дм<sup>3</sup>. Отримані дані дають підстави стверджувати, що коливання показників за такою амплітудою вказують на проникнення забруднення з поверхні, при інфільтрації забруднених вод із алювіального водоносного горизонту і р. Вовча у водоносний горизонт, що відбувається в умовах недостатньої захищеності водоносного горизонту.

Дослідження еволюції хімічного складу підземних вод на Куп'янському водозаборі здійснено за результатами хімічних аналізів проб води з 2-х ділянок: «Куп'янськ-Сортувальний» і «Куп'янськ-Вузловий» за 40-річний період (1976-2016 рр.). Хімічний тип вод на ділянці «Куп'янськ-Сортувальний», що знаходиться

у заплаві р. Оскіл, за досліджуваний період, можна охарактеризувати як хлоридно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий, з мінералізацією від 0,26 до 0,58 г/дм<sup>3</sup> і загальною жорсткістю від 3,56 до 7,0 (у середньому 5,36 ммоль/дм<sup>3</sup>).

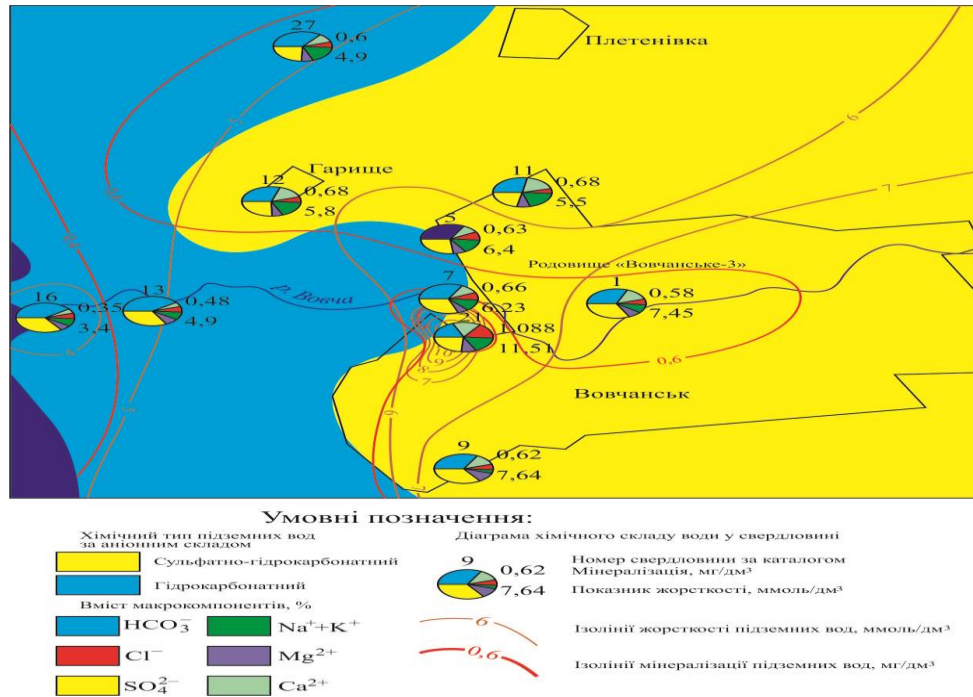


Рис. 4. Схематична гідрохімічна карта Вовчанського водозбору (побудовано автором за матеріалами Харківської геологічної експедиції)

Хімічний тип підземних вод на ділянці «Куп'янськ-Вузловий» строкатий за аніонним і катіонним складом, інколи натрієво-кальцієвий, з мінералізацією від 0,33 до 0,96 г/дм<sup>3</sup> і загальною жорсткістю від 2,3 до 9,2 ммоль/дм<sup>3</sup>. Води з 2-х ділянок за макрокомпонентним складом за весь період дослідження характеризуються стабільністю хімічного складу. Проте на ділянці «Куп'янськ-Вузловий» підземні води зазнають більш значних змін хімічного складу – характеризуються підвищеним значенням загальної жорсткості, вмістом сульфатів, сухого залишку, Fe. Підвищена жорсткість 8,1 ммоль/дм<sup>3</sup> (1,15 ГДК), вміст Fe – 0,3 мг/дм<sup>3</sup> (1,5 ГДК), обумовлені частковим живленням підземних вод забрудненими поверхневими водами р. Лозоватка. За хімічним складом води р. Лозоватка характеризуються як гідрокарбонатні кальцієві з мінералізацією від 0,92 до 2,28 г/дм<sup>3</sup>. Величина загальної жорсткості в різні роки коливалася в межах від 7,5 до 16,4 ммоль/дм<sup>3</sup>.

У третьому розділі «Еколого-гідрогеологічні особливості формування хімічного складу підземних вод мергельно-крейдового водоносного горизонту» оцінено захищеність водоносного горизонту на водозборах, визначено екологічну роль гідрогеологічних «вікон» у формуванні запасів підземних вод, розраховано індивідуальний і колективний радіаційні ризики для здоров'я населення та виділено пріоритетні показники хімічного складу підземних вод для моніторингу на локальному рівні для крейдових водозборів східної частини ДДЗ.

На основі аналізу геологічної будови території досліджень встановлено, що МКВГ за фактором захищеності підземних вод належить до незахищених. Цьому

сприяє не тільки невелика потужність піщаного водотриву з прошарками суглинків (в середньому 5,0-8,0 м), але і його повна відсутність в місцях вклинювання, де утворюються гідрогеологічні «вікна» (рис. 5).

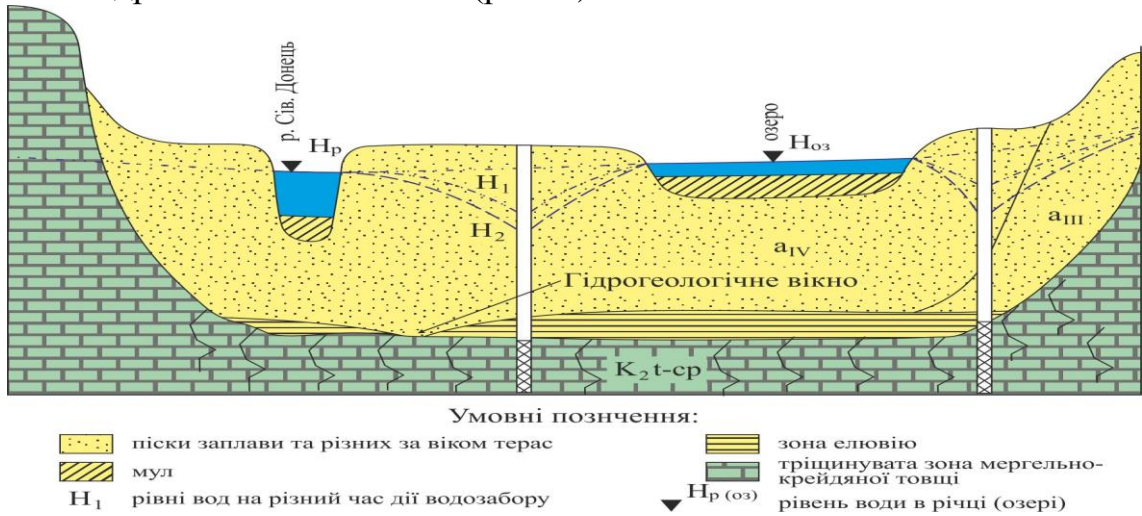


Рис. 5. Типова геофільтраційна схема МКВГ (побудовано автором за даними Д. Ф.Чомка, 2001)

На основі аналізу еколого-гідрогеологічних, геологічних, тектонічних особливостей будови території досліджень виявлено основні передумови розвитку гідрогеологічних «вікон» в водотривкій товщі МКВГ – це області тектонічних порушень з оперяючими їх зонами дроблення; річкові долини та безпосередні виходи крейджаних порід на денну поверхню. Виділені зони характеризуються відкритою тріщинуватістю до глибини 70,0 м. Встановлені передумови розвитку «вікон» стали основою для розробки їх класифікації за наступними ознаками: генезисом, площею поширення, гідрогеодинамічною та гідрогеохімічною складовою (табл. 3).

Таблиця 3

Класифікація гідрогеологічних «вікон» (складено автором)

Тип	Ознака	Види гідрогеологічних «вікон»
I	генезис	тектонічних порушень
		літологічне
		ерозійне
II	площа поширення	локальні
		регіональні
III	гідрогеодинамічна	зона живлення
		зона розвантаження
		перетоки відсутні
IV	гідрогеохімічна	зона розбавлення підземних вод
		джерело забруднення підземних вод
		джерело вод з якістю, аналогічною підживлюваному горизонту

Гідрогеохімічна складова визначає екологічну роль «вікон» в формуванні запасів підземних вод. Вважаємо, що «вікна» можуть виконувати як позитивну

екологічну роль, яка визначається їх участю у поповненні запасів підземних вод, так і негативну роль – сприяють забрудненню підземних вод.

В дисертаційній роботі здійснено оцінку радіаційного ризику, що ґрунтується на використанні даних про забруднення підземних вод природними радіонуклідами ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ).  $^{222}\text{Rn}$  зафіксовано як в підземних водах водозаборів промислових підприємств, так і в джерелах, колодязях, що використовує населення Північно-Східного Донбасу для господарсько-питних потреб. Вміст  $^{222}\text{Rn}$  в окремих свердловинах Світлічанського водозабору становить від 90,0 до 240,0 Бк/дм<sup>3</sup> (І. В. Удалов, 2006), при нормі ГДК до 100,0 Бк/дм<sup>3</sup>, що свідчить про активізацію та посилення газової міграції і підході забруднення до водозабірних свердловин. На основі цих даних здійснено розрахунок індивідуального і колективного радіаційного ризиків для здоров'я населення за формулами Г. Д. Коваленко (2001):

$$r = rE \cdot E, \quad (1.3)$$

де  $rE$  – коефіцієнт ризику;  $E$  – еквівалентна доза. Зв'язок між колективною дозою ( $S$ ) і ризиком, який в даному випадку виражається очікуваним числом ефектів ( $R$ ) в групі, визначається співвідношенням:

$$R = rE \cdot S \quad (1.4)$$

Коефіцієнт ризику виникнення стохастичних ефектів на одиницю індивідуальної або колективної дози для населення приймається рівним  $rE = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$  (Г. Д. Коваленко, 2001). Розраховано, що опромінення людини від споживання питної води, що містить  $^{222}\text{Rn}$  (150,0-240,0 Бк/дм<sup>3</sup>) становить 5,0-8,0 мЗв/рік. Ймовірність прояву стохастичних ефектів у цьому випадку становитиме  $58,4 \cdot 10^{-5}$ . При опроміненні колективною дозою 50-80 чол. Зв у 4-6 чоловік можуть виникнути стохастичні ефекти (фатальний і не фатальний рак або серйозні спадкові ефекти).

Проаналізовано розподіл показників хімічного складу підземних вод МКВГ східної частини ДДЗ за допомогою геоінформаційних систем. На основі отриманих закономірностей виділено пріоритетні показники складу підземних вод. Ці показники розподілено на 2 ступені оцінки: одна із яких включає виділення блоків показників-забруднювачів (табл. 4): органічний, токсикологічний і радіаційний з встановленими рівнями забруднення: від не забруднених до сильно забруднених. Інша ступінь – в умовах відсутності забруднювачів, ґрунтується на виділенні якісних показників з встановленими рівнями якості (табл. 5): від доброї до задовільної з можливістю переходу у разі перевищення норм ГДК більш ніж у 2 рази на першу ступінь оцінки – у розряд забруднених вод. Оцінка якості вод здійснюється за такими показниками: органолептичними, фізико-хімічними і фізіологічними.

Аналіз хімічного складу підземних вод МКВГ на досліджуваних водозаборах показує, що води Світлічанського водозабору є відносно забрудненими, по деяким позиціям (вміст  $^{222}\text{Rn}$ , важких металів 1-3 класу небезпеки) навіть забрудненими; води Житлівського водозабору характеризуються доброю якістю; води Куп'янського, Вовчанського водозаборів є відносно добрими за якістю (перевищення ГДК по жорсткості, Fe та ін.).

## Основні забруднювачі підземних вод МКВГ східної частини ДДЗ(складено автором)

Найменування забруднювачів підземних вод	Рівень забруднення підземних вод			
	В межах допустимих норм	Відносно забруднені	Забруднені	Сильно забруднені
<b>1. Органічні, мг/дм<sup>3</sup></b>				
Нітрати	≤ 50,0	50,0-100,0	100,0-150,0	≥ 150,0
Нітрити	≤ 0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	≥ 0,3
Нафтопродукти	≤ 0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	≥ 0,3
<b>2. Токсикологічні, мг/дм<sup>3</sup></b>				
Mo	≤ 0,07	0,07-0,14	0,14-0,21	≥ 0,21
Al	≤ 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	≥ 0,6
Cr	≤ 0,05	0,05-0,1	0,1-0,15	≥ 0,15
Pb	≤ 0,01	0,01-0,02	0,02-0,03	≥ 0,03
Ni	≤ 0,02	0,02-0,04	0,04-0,06	≥ 0,06
Cd	≤ 0,001	0,001-0,002	0,002-0,003	≥ 0,003
As	≤ 0,01	0,01-0,02	0,02-0,03	≥ 0,03
Hg	≤ 0,0005	0,0005-0,001	0,001-0,0015	≥ 0,0015
<b>3. Радіаційні, Бк/дм<sup>3</sup></b>				
Питома активність <sup>222</sup> Rn	≤ 100,0	100,0-200,0	200,0-300,0	≥ 300,0
Питома -α, -β – активність	≤ 0,1 ≤ 1,0	0,1-0,2 1,0-2,0	0,2-0,3 2,0-3,0	≥ 0,3 ≥ 3,0

## Основні показники якості підземних вод МКВГ східної частини ДДЗ (складено автором)

Найменування показників якості питних вод, одиниці вимірювання	Оцінка якості вод на не забруднених водозаборах		
	Добра	Відносно добра	Задовільна
<b>1. Органолептичні</b>			
Запах, бали	≤ 2,0	2,0-3,0	3,0-4,0
Присмак, бали	≤ 2,0	2,0-3,0	3,0-4,0
Кольоровість, градуси	≤ 20,0	20,0-50,0	50,0-80,0
Каламутність, НОК	≤ 1,0	1,0-3,0	3,0-4,0
<b>2. Фізико-хімічні</b>			
Мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	≤ 1,0	1,0-3,0	3,0-10,0
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	≤ 7,0	7,0-8,0	8,0-12,0
Окислюваність перманганатна, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 5,0	5,0-12,0	12,0-20,0
Водневий показник, Ph	6,5-8,5	8,5-10,0	10,0-14,0
<b>3. Фізіологічні</b>			
F, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,5	1,5-3,0	3,0-4,5
Fe (загальне), мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6

У четвертому розділі «Рекомендаційні заходи для покращення екологічної безпеки питного водопостачання території досліджень» запропоновано заходи, спрямовані на стабілізацію хімічного складу підземних вод МКВГ в умовах зростаючого техногенного впливу.

Для вирішення проблеми незадовільної якості питних підземних вод в межах території досліджень запропоновано схему раціонального розміщення нових водозаборів на господарсько неосвоєних ділянках поширення піщаних річкових терас уздовж р. Сіверського Дінця та його притоках з можливістю подальшого

транспортування високоякісних питних вод до споживача. Запропонований варіант досить ефективний з точки зору кількості і якості вод, оскільки активний водообмін в межах піщаних річкових терас обумовлює формування значних запасів підземних вод високої питної якості (В. В. Яковлев, 2017). Для обґрунтування цієї гіпотези розраховано перспективні ресурси підземних вод в межах виділених ділянок.

На рис. 6 показано перспективні ділянки терас р. Сіверського Дінця для розміщення нових водозаборів. Характерною особливістю виділених ділянок є їх близьке розташування до великих населених пунктів і міст Харківської і Луганської областей. Виділені ділянки терас можуть забезпечити високоякісною питною водою як безпосередньо жителів цих територій, так і при умові транспортування трубопроводами поставляти воду жителям таких міст як Харків, Зміїв, Балаклея, Куп'янськ, Кременна, Рубіжне, Старобільськ та ін.

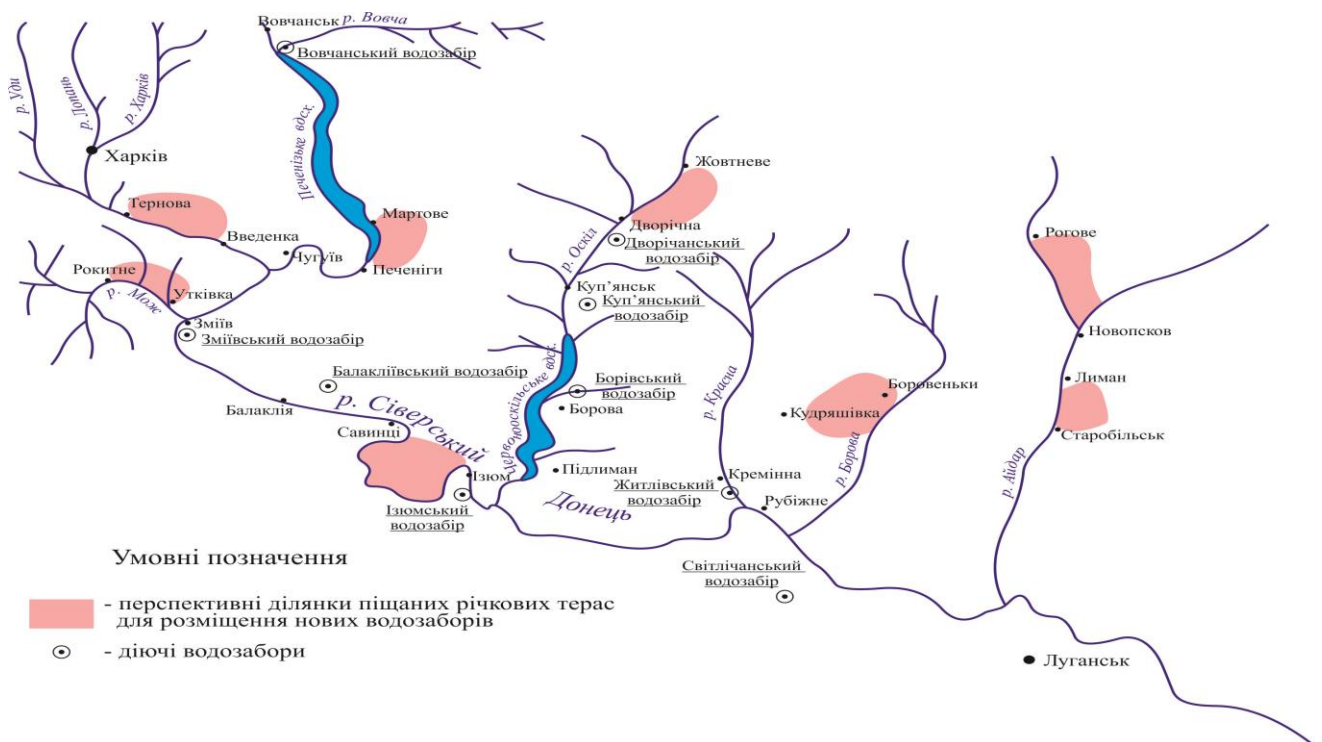


Рис. 6. Схема розташування перспективних ділянок водозаборів долини р. Сіверського Дінця (побудовано автором за даними В. В. Яковлева, 2017)

За методикою площинної диференціації модулю підземного стоку, запропованою В. В. Яковлевим (2017), підраховано модуль підземного стоку ( $M_{п}$ ) на виділених 8 ділянках терас за формулою:

$$M_{п} = M_o F_o / [F_T + (F_o - F_T) C_T / C_L], \quad (1.5)$$

де  $M_o$  – середня величина модулю підземного стоку, л/с\*км<sup>2</sup>;  $F_o$  – площа водобалансової ділянки, км<sup>2</sup>;  $F_T$  – площа терас, км<sup>2</sup>;  $C_T$  – концентрація СГ в межах терас, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_L$  – концентрація СГ в межах лесової рівнини, мг/дм<sup>3</sup>.

На підставі мінімального середнього з розрахованих величин підраховано мінімальну величину прогнозних ресурсів підземних вод ( $Q_{прг}$ ), яка формується в межах р. Сіверський Донець східної частини ДДЗ:

$$Q_{прг} = M * F \quad (1.6)$$

$$Q_{\text{прт}} = M * F = 3,25 * 2224,2 = 7095,98 \text{ дм}^3/\text{с} \text{ або } 613 \text{ тис. м}^3/\text{добу}$$

Крім того, визначено відсоток використання перспективних ресурсів терас в постійному режимі. При максимальній потребі в якійсній питній воді  $10,0 \text{ дм}^3/\text{чол.} * \text{добу}$  (В. В. Яковлев, 2017) і перспективній чисельності населення 50,0 млн. чоловік ресурс підземних вод може використовуватись населенням на:

$$0,01 \text{ м}^3/\text{добу} * 50\,000\,000 \text{ чол.} / 613\,000 \text{ м}^3/\text{добу} = 0,815 \text{ або на } 81,6 \% \text{ в постійному режимі.}$$

Підкреслимо, що отриманий відсоток використання питної води дуже завищений, оскільки середня добова потреба однієї людини в питній воді становить приблизно  $2,5 \text{ дм}^3$  (В. І. Перельман, 1963, с. 351). Тому реальне використання ресурсів підземних вод обмежиться їх першими відсотками. Відповідно збитків річковій і екологічній системі використання високоякісних вод практично не принесе.

Крім розробленої схеми раціонального розташування нових водозаборів в межах терас також запропонований «Спосіб збільшення запасів підземних вод на площинних водозаборах», на який отримано позитивне рішення про видачу патенту на винахід по заявці № u201811521.

Суть способу полягає в залісненні ділянок площинних водозаборів, облаштованих на неглибокі водоносні горизонти (рис. 7). Застосування даного способу дозволяє збільшити експлуатаційні запаси і підвищити якісні показники підземних вод, що використовуються для господарсько-питного водопостачання. Найкращий кількісно-якісний ефект буде досягнутий в тому випадку, коли лісові насадження рівномірно будуть розподілені по всій території площинного водозбору. Доцільне створення по периметру площинних водозаборів системи каналів і борізді для додаткового затримання поверхневого стоку та збільшення інфільтраційного живлення підземних вод. В умовах похилої місцевості канали і борозди повинні мати перпендикулярну ухилу орієнтацію.

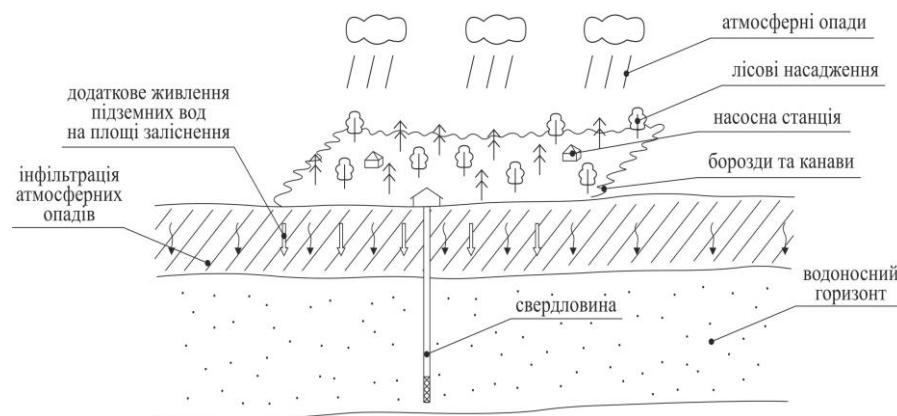


Рис. 7. Схема збільшення запасів підземних вод на площинних водозаборах (побудовано автором)

Залежно від того, який породний склад дерев переважатиме в межах площинного водозбору буде вирішуватися задача відповідно кількісного і (або) якісного характеру. Зокрема, каламутність води після проходження атмосферних опадів крізь соснове насадження зменшиться до 20,0 разів, в'язового – до 17,0, змішаного – до 15,0 разів. Кількість кишкових паличок зменшиться в 18,0 разів при

проходженні опадів крізь соснове насадження, а через змішане дубове – в 23,0 рази. Лісові насадження з хвойних порід знизять концентрацію нітратів і нітритів в 2,0-5,0 разів більше, ніж з листяних (Є. С. Спиридонов, 1965). Заміна хвойного лісу менш споживаючим воду листяним призведе до збільшення поверхневого стоку на 60,0-100,0 мм/рік, при цьому водоохоронно-захисні властивості лісу зміняться незначно (Г. У. Лалл, 1970).

На основі даних по водовідбору, абсолютним відміткам середніх рівнів, мінералізації та загальній жорсткості підземних вод на Житлівському водозаборі за період 1970-2017 рр., визначено об'єми оптимального водовідбору. Об'єм оптимального водовідбору становить від 2,0 до 18,0 тис. м<sup>3</sup>/добу, при якому мінералізація складає 250,0-500,00 мг/дм<sup>3</sup> і загальна жорсткість 4,0-8,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>, що відповідає найкращим характеристикам якості питної води (ВООЗ, 1980), абсолютні відмітки рівнів підземних вод при заданому водовідборі зберігаються на рівні +52,67 м.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науковою працею, в якій вирішено важливу науково-практичну проблему забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання території досліджень, за рахунок виділення основних еколого-гідрогеологічних чинників зміни якості питних підземних вод. Встановлено, що на еколого-гідрогеологічну еволюцію хімічного складу питних підземних вод МКВГ східної частини ДДЗ комплексно впливають природні і техногенні чинники: відсутність природної захищеності водоносного горизонту, величина водовідбору та збільшення об'ємів техногенного інфільтраційного живлення підземних вод водоносного горизонту забрудненими шахтними, річковими та алювіальними водами.

1. Для Житлівського водозабору за результатами кореляційного аналізу встановлено безпосередній зв'язок зміни мінералізації підземних вод від величини водовідбору. Високе значення коефіцієнту кореляції  $r_s = 0,98$  доводить цей зв'язок і підтверджує його прямий характер. Результати отриманих закономірностей дозволяють прогнозувати зміни якості підземних вод в залежності від величини водовідбору та дають можливість обґрунтувати об'єм оптимального водовідбору (2,0-18,0 тис. м<sup>3</sup>/добу), при якому зберігаються найкращі характеристики якості підземних вод за даними ВООЗ.

2. Визначено, що еволюційні зміни якісного складу підземних вод Світлічанського водозабору спричинені багаторічним скидом високомінералізованих хлоридних вод шахтного водовідливу шахти «Пролетарська», що стало причиною перевищення норм ГДК по мінералізації 2,1 г/дм<sup>3</sup> (2 ГДК), загальній жорсткості 22,0 ммоль/дм<sup>3</sup> (3 ГДК). Встановлено, що «мокра» консервація шахти спровокувала висхідні перетоки високомінералізованих вод палеозою, що є причиною перевищення норм ГДК по вмісту важких металів 1-3 класу небезпеки (Pb – 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (5 ГДК), Cr – 0,263 мг/дм<sup>3</sup> (5 ГДК), Mn – 0,316 мг/дм<sup>3</sup> (6 ГДК), Ba – 0,940 мг/дм<sup>3</sup> (9 ГДК), Fe<sub>заг.</sub> 5,0-10,0 мг/дм<sup>3</sup> (10 ГДК) та ін.) та природних радіонуклідів (<sup>222</sup>Rn 90,0-240,0 Бк/дм<sup>3</sup> (2 ГДК)) в водах водозабору.

3. З'ясовано, що для комплексу мергельно-крейдових водозаборів

Харківського регіону зниження якості підземних вод обумовлено інфільтрацією техногенних забруднень при недостатній природній захищеності горизонту, що провокує еволюційні зміни гідрохімічних характеристик. В водах водозаборів зафіксовано перевищення норм ГДК по загальній жорсткості – 8,1 ммоль/дм<sup>3</sup> (1,15 ГДК), Fe – 0,3 мг/дм<sup>3</sup> (1,5 ГДК), виявлено підвищений вміст нітратів – 22,0 мг/дм<sup>3</sup> при ГДК ≤ 50,0.

4. На основі еколого-гідрогеологічних, геологічних, тектонічних геоморфологічних особливостей будови території досліджень встановлено основні передумови розвитку гідрогеологічних «вікон» у водотривкій товщі МКВГ, запропоновано їх класифікацію за генезисом, площею поширення, гідрогеодинамічною і гідрохімічною ознаками та здійснено оцінку екологічної ролі «вікон» в процесі формування запасів питних підземних вод.

5. Оцінено ступінь негативного впливу води, яка містить <sup>222</sup>Rn (150,0-240,0 Бк/дм<sup>3</sup>) на здоров'я всіх категорій населення Північно-Східного Донбасу, шляхом розрахунку індивідуального (ймовірність прояву стохастичних ефектів  $58,4 \cdot 10^{-5}$ ) і колективного радіаційних ризиків (у 4-6 чоловік можуть виникнути стохастичні ефекти) та виділено комплекс фактичних забруднювачів ((органічних (нітрати, нітроти, нафтопродукти), токсикологічних (Be, Mo, Al, Cr, Pb, Ni, Cd, As, Hg та ін.), радіаційних (питома - α, - β – активність, <sup>222</sup>Rn)) питних підземних вод МКВГ для контролю їх вмісту при систематичному моніторингу на локальному рівні.

6. Обґрунтовано схему територіального розміщення нових водозаборів на виділених перспективних ділянках піщаних річкових терас р. Сіверський Донець та оцінено прогностичні ресурси питних підземних вод в кількості 613,0 тис. м<sup>3</sup>/добу, що можуть використовуватися більше ніж на 80 % в постійному режимі.

Для підвищення ефективності експлуатації водозаборів теоретично обґрунтовано «Спосіб збільшення запасів підземних вод на площинних водозаборах» (отримано позитивне рішення про видачу патенту на винахід), що ґрунтується на використанні комплексу заходів, які сприяють додатковому затриманню поверхневого стоку.

## СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Наукові праці у наукових фахових виданнях України та у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз*

1. Удалов І. В. Основні передумови зниження якості питних підземних вод крейдяних водозаборів Східної України / І. В. Удалов, **А. В. Кононенко** // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», 2016. – № 44. – С. 63–70. – 0,33 д.а. (Особистий внесок автора – 0,2 д.а. – виділені та охарактеризовані природні і техногенні процеси, які впливають на якість питних підземних вод крейдяних водозаборів Східної України.).

2. Удалов І. В. Особенности процессов миграции естественных радионуклидов в подземных водах при ликвидации угольных шахт Северо-Восточного Донбасса / И. В. Удалов, **А. В. Кононенко** // Вестник Днепропетровского университета. Серия «Геология. География», 2016. – № 24 (2). –

С. 121–128. – 0,33 д.а. (Особистий внесок автора – 0,18 д.а. – аналіз основних факторів, що визначають міграцію природних радіонуклідів в підземних водах досліджуваної території.).

3. Удалов І. В. Вплив техногенних факторів на еколого-гідрогеологічні характеристики крейдових водозаборів Північно-Східного Донбасу / І. В. Удалов, **А. В. Кононенко** // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», 2016. – Вип. 45. – С. 177–183. – 0,29 д.а. (особистий внесок автора – 0, 18 д.а. – аналіз еколого-гідрогеологічної ситуації, що склалася на Світлічанському водозаборі).

4. **Кононенко А. В.** Геологічні та екологічні передумови розвитку гідрогеологічних вікон (на прикладі крейдових водозаборів Східної України) / **А. В. Кононенко** // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», 2017. – Вип. 47. – С. 182–190. – 0,38 д.а.

5. Удалов І. В. Еколого-гідрогеохімічні особливості формування підземних вод мергельно-крейдового водоносного горизонту та прогноз їх якості (на прикладі Житлівського водозабору в Луганській області) / І. В. Удалов, **А. В. Кононенко** // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього природного середовища, 2018. – Вип. 28. – С. 74–85. – 0,5 д.а. (особистий внесок – 0,28 д.а. – встановлено залежність зміни мінералізації підземних вод від величини водовідбору за допомогою кореляційного аналізу, розраховано величину притоку високомінералізованих тріасу в МКВГ).

6. Удалов И. В. Особенности радиационного риска на территории Северо-Восточного Донбасса / И. В. Удалов, **А. В. Кононенко**, А. И. Лурье // Вопросы атомной науки и техники, 2018. – № 5 (117). – С. 149–153. (база Scopus). – 0,20 д.а. (особистий внесок автора – 0,15 д.а. – систематизація та характеристика видів радонового ризику, розрахунок радіаційних ризиків).

#### **Наукові праці в іноземних виданнях**

7. **Kononenko A.** Criteria for Assessing Groundwater Contamination Levels of Marl and Chalk Water Intakes in Eastern Ukraine / **А. Kononenko**, A. Lurie, I. Udalov // Eastern European Scientific Journal(Gesellschaftswissenschaften): Düsseldorf (Germany): Auris Verlag, 2018. – № (2) – pp. 13–17. – 0,20 д.а. (особистий внесок автора – 0,15 д.а. – систематизація питних підземних вод по рівню забруднення і якості).

8. **Кононенко А. В.** Обґрунтування раціонального розміщення нових водозаборів в мергельно-крейдовому водоносному горизонті на території Східної України / **А. В. Кононенко**, В. В. Яковлев // Hungarian scientific journal (electronic version of the journal), 2018. – № 23. – С. 8–14. – 0,30 д.а. (особистий внесок – 0,25 д.а. – визначено перспективні ділянки терас для розміщення нових водозаборів та розраховано прогнозні ресурси питних підземних вод на цих ділянках).

#### **Наукові праці апробаційного характеру (матеріали і тези конференцій)**

9. **Кононенко А. В.** Екологічні наслідки масового закриття шахт Донбасу / **А. В. Кононенко** // Проблеми гідрогеології на сучасному етапі: матеріали 1 наукової конференції (м. Харків, 5-6 листопада 2014 р.) / Гол. оргкомітету Азаренков М. О. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – С. 68–69. – 0,083 д.а.

10. Удалов И. В. Влияние тектонических условий на активизацию процессов миграции радона при закрытии шахт Северо-Восточного Донбасса / И. В. Удалов, **А. В. Кононенко** // Науково-практична конференція «Новітні проблеми геології» присвяченій В. П. Макридіну (м. Харків, 26-28 травня 2016 р.) / Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – С. 113–115. – 0,125 д.а. (Особистий внесок автора – 0,07 д.а. обґрунтовано причини появи  $^{222}\text{Rn}$  в експлуатаційних свердловинах водозаборів Північно-Східного Донбасу).

11. Удалов И. В. Радоновые воды – дополнительный источник развития геолого-промышленных районов Северо-Восточного Донбасса / И. В. Удалов, **А. В. Кононенко** // Регіон – 2016: стратегія оптимального розвитку: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 10-11 листопада 2016 р.). – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – С. 319–321. – 0,125 д.а. (Особистий внесок автора – 0,08 д.а. обґрунтовані позитивні і негативні аспекти виявлення  $^{222}\text{Rn}$  вод).

12. **Кононенко А. В.** Эколого-радиологические аспекты загрязнения подземных вод Северо-Восточного Донбасса / **А. В. Кононенко** // Гідрогеологія: наука, освіта, практика: матеріали III наукової конференції (м. Харків, 2-4 листопада 2016 р.) / Гол. оргкомітету Азаренков М. О. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – С. 107–109. – 0, 125 д.а.

13. Удалов И. В. Особенности техногенных джерел забруднення питних підземних вод (на прикладі Світлічанського водозабору) / И. В. Удалов, **А. В. Кононенко** // IV Міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» (Україна, м. Трускавець, 6-7 листопада 2017 р. Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ)). – К.: ДКЗ, 2017.– С. 345–349. – 0,20 д.а. (Особистий внесок автора – 0,14 д.а. аналіз динаміки зміни якісного складу питних підземних вод та встановлення особливостей міграції забруднюючих речовин підрусловими потоками р. Сіверський Донець з інфільтрацією в МКВГ).

14. **Кононенко А. В.** Особенности умов формування підземних вод мергельно-крейдового водоносного горизонту водозаборів м. Куп'янськ / **А. В. Кононенко** // Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді: матеріали Наукової конференції студентів і аспірантів (м. Харків, 6-7 квітня 2017 р.) / Гол. оргкомітету Пересадько В. А. – Х.: Стиль-Издат, 2017. – С. 29–31. – 0, 125 д.а.

15. Бабаев М. В. Основные условия формирования качественного состава питьевых подземных вод верхнемеловых водозаборов Северо-Восточной Украины / М. В. Бабаев, И. В. Удалов, О. С. Сидельник, **А. В. Кононенко** // XIII Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» м. Харків на базі науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УКРНДІЕП) з 11-15 вересня 2017 р. – С. 13–15. – 0,125 д.а. (Особистий внесок автора – 0,09 д.а. визначені пріоритетні фактори формування підземних вод МКВГ на досліджуваних водозаборах).

16. **Кононенко А. В.** Основні фактори зниження якісного складу підземних вод (на прикладі Житлівського водозабору) / **А. В. Кононенко** // VII Всеукраїнська молодіжна наукова конференція-школа «Сучасні проблеми наук про Землю». – К.: ЦОП «Глобус», 2017. – С. 23–24. – 0,083 д.а.

17. **Кононенко А. В.** Особенности эксплуатации меловых водозаборов Северо-Восточной Украины / **А. В. Кононенко** // III Международная научно-практическая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых в рамках Года науки в Республике Беларусь «Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств», Гомель 10 ноября 2017 г. – С. 57–62. – *0,25 д.а.*

18. **Кононенко А. В.** Особенности микрокомпонентного состава грунтовых вод на территории Северо-Восточного Донбасса / **А. В. Кононенко** // IV наукова конференція з міжнародною участю «Гідрогеологія: наука, освіта, практика» (м. Харків, 1-3 листопада 2017 р.). – С. 22–23. – *0,083 д.а.*

19. **Кононенко А. В.** Особливості екологічного стану поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець та їх вплив на підземні води мергельно-крейдового водоносного горизонту (на прикладі Луганської області) / **А. В. Кононенко** // Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді: матеріали Наукової конференції студентів і аспірантів (м. Харків, 6-7 квітня 2018 р.) / Гол. оргкомітету Пересадько В. А. – Х.: Стиль-Издат, 2018. – С. 51–54. – *0,16 д.а.*

20. **Кононенко А. В.** Про зв'язок водовідбору та змін мінералізації в зоні впливу регіонального тектонічного порушення (на прикладі Житлівського водозабору в Луганській області) / **А. В. Кононенко** // V Наукова конференція з міжнародною участю «Гідрогеологія: наука, освіта, практика» (м. Харків, 14–15 листопада 2018 р.). – С. 26–28. – *0,125 д.а.*

## АНОТАЦІЯ

**Кононенко А. В. Чинники еколого-гідрогеологічної еволюції хімічного складу підземних вод мергельно-крейдового водоносного горизонту Дніпровсько-Донецької западини.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України. – Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ, 2019.

Дисертація присвячена дослідженню особливостей еволюційних змін хімічного складу підземних вод мергельно-крейдового водоносного горизонту в різних геологічних умовах. Дослідження змін здійснено на прикладі трьох найбільш показових водозаборів східної частини Дніпровсько-Донецької западини: Світлічанському, Житлівському та комплексі мергельно-крейдових водозаборів Харківського регіону. В роботі встановлено основні чинники еколого-гідрогеологічної еволюції хімічного складу питних підземних вод досліджуваних водозаборів на основі аналізу їх геологічних, гідрогеологічних та екологічних особливостей експлуатації.

Для Житлівського водозабору за результатами кореляційного аналізу встановлено безпосередній зв'язок зміни мінералізації підземних вод від величини водовідбору в зоні впливу Північнодонецького насуву. Визначено, що основні зміни якісного складу підземних вод Світлічанського водозабору спричинені багаторічним

скидом високомінералізованих хлоридних вод шахти «Пролетарська». З'ясовано, що для комплексу мергельно-крейдових водозаборів Харківського регіону зниження якості підземних вод обумовлене надходженням техногенних забруднень з поверхні в результаті процесів їх інфільтрації в умовах недостатньої природної захищеності підземних вод. На підставі отриманих закономірностей розроблено заходи та рекомендації щодо стабілізації якості питних підземних вод на досліджуваних водозаборах: запропоновано схему раціонального розміщення нових водозаборів в межах піщаних річкових терас р. Сіверський Донець, розроблено «Спосіб збільшення запасів підземних вод на площинних водозаборах» та обґрунтовано оптимізацію водовідбору на Житлівському водозаборі.

***Ключові слова:** гідрогеологічне «вікно», заліснення території, кореляційний аналіз, крейдові водозабори, мергельно-крейдовий водоносний горизонт, піщані річкові тераси, радіаційний ризик, радон, техногенний фактор, хімічний склад підземних вод.*

## АННОТАЦІЯ

Кононенко А. В. **Факторы эколого-гидрогеологической эволюции химического состава подземных вод мергельно-мелового водоносного горизонта Днепровско-Донецкой впадины.** – Квалификационная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина Министерства образования и науки Украины. – Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», Киев, 2019.

Диссертация посвящена исследованию особенностей эволюции химического состава подземных вод мергельно-мелового водоносного горизонта в различных геологических условиях при растущих техногенных нагрузках. Исследование изменений качества осуществлено на примере трех наиболее показательных водозаборов восточной части Днепровско-Донецкой впадины: Светличанском, Житловском и комплексе мергельно-меловых водозаборов Харьковского региона.

В работе установлены основные факторы эколого-гидрогеологической эволюции качества питьевых подземных вод исследуемых водозаборов. Доказано, что на качество питьевых подземных вод водозаборов одновременно воздействуют как геологические условия территории исследований, так и техногенная нагрузка.

Для Житловского водозабора по результатам корреляционного анализа установлена непосредственная связь изменения минерализации подземных вод от величины водоотбора в зоне влияния Северодонецкого надвига. Рассчитанный коэффициент корреляции полностью подтверждает зависимость изменений минерализации от величины водоотбора и охарактеризован высокой степенью прямой взаимосвязи  $r_s = 0,98$ .

Определено, что основные эволюционные изменения качественного состава подземных вод Светличанского водозабора вызваны многолетней инфильтрацией высокоминерализованных хлоридных вод при сбросе шахтных вод шахты

«Пролетарская» в балку Светличная. Установлено, что «мокрая» консервация шахты спровоцировала восходящие перетоки высокоминерализованных вод глубоких горизонтов, что стало причиной увеличения минерализации, общей жесткости, содержания тяжелых металлов 1-3 класса опасности и природных радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ) в питьевых водах водозабора.

Выяснено, что для комплекса мергельно-меловых водозаборов Харьковского региона эволюционные изменения качества подземных вод обусловлены инфильтрацией загрязненных речных и аллювиальных вод при недостаточной естественной защищенности водоносного горизонта. Установлено, что инфильтрация загрязнений с поверхности осуществляется через неоднородные участки в водоупорной толще – гидрогеологические «окна». В этой связи выделены основные предпосылки их развития на территории восточной части Днепроовско-Донецкой впадины. На основании установленных закономерностей предложена классификация «окон», которая позволяет оценивать экологическую роль «окон» в процессе формирования качественного состава питьевых подземных вод.

В работе осуществлена оценка индивидуального и коллективного видов радиационных рисков, которая основывается на использовании данных о содержании природных радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ) в питьевых подземных водах водоносного горизонта в условиях «мокрой» консервации угольных шахт Северо-Восточного Донбасса. Разработаны критерии оценки уровней загрязнения подземных вод для исследуемых водозаборов, которые включают 2 направления оценки. В условиях загрязнения питьевых подземных вод выделено комплекс загрязнителей, включающий три блока показателей: органический, токсикологический и радиационный. В условиях отсутствия загрязнений, оценка качества вод осуществляется по органолептическим, физико-химическим и физиологическим показателям.

На основании проведенных исследований и установленных закономерностей разработаны рекомендации и мероприятия по стабилизации и возможному улучшению качества питьевых подземных вод. Обоснована схема территориального размещения новых водозаборов на выделенных перспективных участках песчаных речных террас, которые находятся вне зоны техногенного воздействия. Рассчитана минимальная величина прогнозных ресурсов подземных вод в пределах выделенных участков террас в количестве 613,0 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, которые могут использоваться на 81,6 % в постоянном режиме. Разработан «Способ увеличения запасов подземных вод на площадных водозаборах» и предложена оптимизация водоотбора на Житловском водозаборе.

**Ключевые слова:** гидрогеологическое «окно», залеснение территории, корреляционный анализ, меловые водозаборы, мергельно-меловой водоносный горизонт, песчаные речные террасы, радиационный риск, радон, техногенный фактор, химический состав подземных вод.

## ABSTRACT

Kononenko A. V. **Factors of ecological and hydrogeological evolution of the chemical composition of groundwater of the marl-cretaceous aquifer of the Dnieper-Donets depression.** – Qualification scientific paper, manuscript.

Thesis for a Candidate's Degree by the specialty 21.06.01 – Environmental Safety. – V. N. Karazin Kharkiv National University, the Ministry of Education and Science of Ukraine. – State Institution “Institute of Environmental Geochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine”, Kiev, 2019.

The dissertation is devoted to the study of the peculiarities of changes in the chemical composition of groundwater of the marl-cretaceous aquifer in the different geological conditions. The study of these changes carried out on the example of the three most indicative water intakes of the eastern part of the Dnieper-Donetsk depression: Svitlychansky, Zhytlivsky and the complex of marl-cretaceous water intakes of the Kharkiv region.

In this work the main preconditions for reducing the quality of drinking groundwater of the water intakes under investigation are based on the analysis of their geological, hydrogeological and ecological peculiarities of exploitation. It is proved that the quality of groundwater intakes simultaneously affects both the geological conditions of the research area and the technogenic load.

According to the correlation analysis, for Zhytlivsky water intake, a direct correlation is founded between the change in the mineralization of groundwater from the quantity of water sampling in the zone of influence of regional tectonic disturbance. It is determined that the main changes in the qualitative composition of the underground waters of Svitlychansky water intake are caused by the long-term discharges of highly mineralized chloride waters of the "Proletarskaya" mine in the Svetlichna strand. It is founded out that for the complex of marl-cretaceous water intakes of the Kharkiv region, the decline in the quality of groundwater is due to the flow of man-made pollution from the surface as a result of the processes of their infiltration under conditions of insufficient natural protection of groundwater. On the basis of the researches and established regularities, measures and recommendations for stabilization of the quality of drinking groundwater at the water intakes of the eastern part of the Dnipro-Donets depression are developed: a scheme for the rational allocation of new intakes within the sandy river terraces of the Siversky Donets River is proposed, "A method for increasing groundwater resources on plane water intakes" and justified optimization of water selection at Zhytlivsky water intake.

**Key words:** *afforestation, chemical composition of groundwater, correlation analysis, cretaceous water intakes, hydrogeological “window”, man-made factor, marl-cretaceous aquifer, radiation risk, radon, sandy river terraces.*