

УДК 556.38

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.104.13>

Наталія ЛЮТА, канд. геол.-мінералог. наук

ORCID ID: 0000-0003-4070-0944

e-mail: nlyuta@ur.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Ірина САНИНА, мол. наук. співроб.

ORCID ID: 0000-0002-6592-9625

e-mail: ekogeol@ukr.net

ДУ "Науково-інженерний центр радіогідрогеоекологічних
полігонних досліджень НАН України", Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ТЕРИГЕННИХ ВІДКЛАДАХ ЕОЦЕНУ ТА АЛЬБ-СЕНОМАНУ В БАСЕЙНІ ДНІПРА

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)

Вступ. Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн є найбільшим в Україні за площею і ресурсами гідрогеологічним регіоном I порядку. Основні прогнозні ресурси в його межах приурочені до водоносного горизонту у відкладах еоцену та водоносного комплексу у відкладах альб-сеноману. Ці горизонт і комплекс є основними – на них базується централізоване водопостачання цілої низки великих населених пунктів, тому вивчення їхнього хімічного складу має виняткове значення. Частини згаданих водоносних горизонтів і комплексу, що мають воду питної якості, ідентифіковано як групи масивів підземних вод (МПЗВ) – об'єкти моніторингу підземних вод, для яких повинні бути визначені екологічні цілі і ризики недосагнення цих цілей. Водночас природний якісний склад води цих груп МПЗВ відзначається значною просторовою неоднорідністю, що необхідно враховувати під час визначення тенденцій його змін та конкретизації екологічних цілей. Метою досліджень було встановити особливості просторового розподілу вод різного хімічного складу. Об'єктом досліджень були водоносні горизонти у відкладах еоцену та альб-сеноману в межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (басейн Дніпра), предметом – хімічний склад води згаданих водоносних горизонтів.

Методи. Для досягнення поставлених цілей було зібрано, узагальнено та проаналізовано дані щодо хімічного складу водоносного горизонту у відкладах еоцену та водоносного комплексу у відкладах альб-сеноману з опублікованих і фондових джерел. Інформацію було опрацьовано із застосуванням геоінформаційних систем, створено базу даних, що дає змогу генерувати спеціалізовані карти та виконувати спільний аналіз даних.

Результати. Досліджено мінералізацію і макрокомпонентний склад підземних вод у теригенних відкладах еоцену та альб-сеноману в басейні Дніпра, встановлено особливості їхнього просторового розподілу. Особливу увагу приділено експлуатаційним ділянкам, де розвідано запаси обох груп МПЗВ. Детально схарактеризовано якісний, у тому числі мікрокомпонентний, склад підземних вод у теригенних відкладах еоцену та альб-сеноману на території м. Чернігова. Визначено особливості формування хімічного складу підземних вод у теригенних відкладах еоцену та альб-сеноману.

Висновки. Встановлено, що незважаючи на те, що обидва МПЗВ перебувають у зоні активного водообміну, вміст макро- і мікрокомпонентів у них досить суттєво відрізняється. Зокрема, у воді в МПЗВ у відкладах альб-сеноману макрокомпонентний склад води більш однотипний, а вміст макро- і мікрокомпонентів вирізняється меншим розмахом коливань.

Визначені особливості природного якісного складу досліджених МПЗВ слід враховувати в процесі проведення моніторингу підземних вод, зокрема при уточненні екологічних цілей та визначенні періодичності спостережень за якісним станом підземних вод.

Ключові слова: Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн, масиви підземних вод у відкладах еоцену, масиви підземних вод у відкладах альб-сеноману, якісний стан підземних вод, мінералізація, гідрохімічна зональність.

Вступ

Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн (ДДАБ) є найбільшим за площею і ресурсами гідрогеологічним регіоном I порядку як в Україні, так і на території басейну Дніпра. Він займає майже все лівобережжя і частину правобережжя басейну. Основна частина як прогнозних ресурсів, так і балансових експлуатаційних запасів підземних вод ДДАБ припадає на водоносні горизонти і комплекси у палеогенових і крейдових відкладах. Ці горизонт і комплекс є основними – на них базується централізоване водопостачання цілої низки великих населених пунктів, тому вивчення їхнього хімічного складу має виняткове значення.

Згідно з Методикою визначення масивів поверхневих і підземних вод, затвердженою наказом Міністерства екології та природних ресурсів України 14.01.2019 № 4 (далі – Методика), у процесі підготовки Плану управління річковим басейном Дніпра на його території було виділено масиви підземних вод (МПЗВ) – водоносні горизонти, комплекси, або їхні частини, що вирізняються спільними умовами формування та подібними кількісними і якісними характеристиками. МПЗВ є об'єктами державного моніторингу підземних вод, для них встановлюються екологічні цілі, і вони використовуються для оцінки досягнення цих цілей.

У межах басейну Дніпра було визначено 5 груп безнапірних МПЗВ і 21 напірних (9 груп МПЗВ і 12 МПЗВ) (Гошовський, Санина, & Люта, 2019). Визначення МПЗВ з-поміж безнапірних водоносних горизонтів обґрунтовується їхньою уразливістю до забруднення і зв'язком з поверхневими екосистемами, а напірних – передусім придатністю для централізованого водопостачання, тобто сукупністю відповідних кількісних і якісних характеристик.

Згідно з методичними підходами Водної рамкової директиви ЄС та документами, розробленими для її імплементації, у тому числі й згаданою вище Методикою, для визначення якісного (хімічного) стану МПЗВ передбачено лише два можливих варіанти: "добрий" або "поганий". Критеріями визначення якісного стану МПЗВ є нормативи міжнародних та національних стандартів (ГДК), а також геохімічні фони хімічних елементів і сполук. Розробка концептуальних моделей для оцінки ризику недосагнення МПЗВ доброго якісного стану передбачає обов'язкове встановлення природного фоновому вмісту компонентів хімічного складу води і просторово-часових особливостей поширення та змін вмісту хімічних елементів і сполук. Це необхідно для обґрунтованого пояснення причин виявленого підвищеного вмісту цих компонентів, їхнього походження – природного або антропогенного.

© Люта Наталія, Санина Ірина, 2024

У цьому контексті слід зауважити, що в Україні ресурси підземних вод формуються у складних і неоднорідних природних умовах, що нерідко призводить до перевищення вмісту низки елементів і сполук у підземних водах. Це повною мірою стосується і двох груп МПЗВ, які мають найважливіше значення для водопостачання населення у басейні Дніпра – найбільш поширених і багатих на ресурси підземних вод напірних МПЗВ – у теригенних відкладах еоцену та альб-сеноману (рис. 1, 2). Ці групи МПЗВ займають площі 110 300,0 і 106 800,0 км² відповідно і слугують основним джерелом централізованого водопостачання низки великих населених пунктів. Вони містять питні води високої якості, передусім водоносний комплекс в альб-сеноманських відкладах, який, за оцінками віку води, є резервуаром, заповненим прісною водою в доіндустріальну епоху (Яковлев, 2012, 2015).

Метою досліджень є встановлення особливостей просторового розподілу вод різного хімічного складу. Об'єктом досліджень були водоносні горизонти у відкладах еоцену та альб-сеноману в межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, предметом – хімічний склад води згаданих водоносних горизонтів.

Методи

Для досягнення поставлених цілей було зібрано, узагальнено та проаналізовано дані щодо хімічного складу водоносного горизонту у відкладах еоцену та водоносного комплексу у відкладах альб-сеноману з опублікованих і фондових джерел. Інформацію було опрацьовано із застосуванням геоінформаційних систем, що дає змогу генерувати спеціалізовані карти та виконувати спільний аналіз даних.

Результати

Група МПЗВ у теригенних відкладах еоцену пов'язана з відкладами бучацької світи, подекуди до її складу входять також відклади канівської та київської світи. У покрівлі залягає регіональний водотрив – еоценові мергелі і глини, які захищають МПЗВ від забруднення, а в місцях їхнього розмиву – олігоцені та четвертинні відклади. Підстеляється переважно мергельно-крейдяними породами верхньої крейди.

Водовмісними є переважно середньозернисті піски з прошарками пісковиків, алевролітів і глин. Потужність змінюється від 5–10 до 80–100 м. Глибина залягання водовмісних порід – від 12,5–62,0 м на околицях басейну до 156–331 м у його центральній частині. Величина напору змінюється від 5–15 до 135–333 м. Рівні підземних вод встановлюються на глибині від 1–12 до 56 м і більше, в окремих свердловинах вище від поверхні землі. Дебіти свердловин змінюються від 86 до 2160 м³/д (найчастіше 172,8–259,2 м³/д). Живлення інфільтраційне, відбувається на північно-східній та південно-західній околицях ДДАБ, де водовмісні породи мають неглибоке залягання і перекриті водопроникними піщаними відкладами. Розвантажуються МПЗВ у долині Дніпра, в місцях відсутності водотривких відкладів у покрівлі. У місцях живлення і розвантаження спостерігаються значні сезонні коливання рівня підземних вод – до 0,5–0,9 м, у зануреній частині коливання менш виражені.

Мінералізація вод переважно до 1,0 г/дм³, хімічний склад гідрокарбонатний кальцієвий, кальцієво-магнієвий, кальцієво-натрієвий, подекуди хлоридний кальцієво-натрієвий.

Група МПЗВ є експлуатується великими і середніми водоспоживачами, використовується для централізованого водопостачання міст Чернігова, Прилук, Тростянця, Лебедина, Лубен, Пирятина та ін. У районі Києва

внаслідок перетоку через водороздільний шар у процесі інтенсивної експлуатації водоносних відкладів альб-сеноману верхньої-нижньої крейди в еоценовому горизонті у 80-х рр. минулого сторіччя спостерігалось зниження рівня до 2,7–15 м, нині через значне зменшення видобутку рівень відновився.

Група МПЗВ у теригенних відкладах альб-сеноману – спільний водоносний комплекс утворився через відсутність витриманого водотриву між альбськими і сеноманськими відкладами. Група МПЗВ у теригенних відкладах альб-сеноману поширена в межах всього ДДАБ, за винятком окремих площ (ділянка між Переяславом і Черкасами, Остерсько-Золотоніське підняття, склепіння солянокупольних структур). У межах гідрогеологічної області Українського щита водозбагачені відклади альб-сеноману заповнюють окремі заглиблені палеодолини у кристалічному фундаменті.

Водовмісними є піски дрібно- і тонкозернисті, глинисті, пісковики з прошарками глин (верхня частина товщі) та піски різнозернисті, від середньо- до крупнозернистих, з лінзами пісковиків і стяжіннями кременів у нижній частині товщі. Перекриваються водотривками мергельно-крейдяними відкладами верхньої крейди, а в місцях їхнього розмиву – палеогеновими та четвертинними відкладами. Підстеляються нижньокрейдяними, юрськими, архей-протерозойськими породами.

Потужність – від 7–50 до 75–100 м. Глибина залягання змінюється від 25–50 до 100–150 м, у найбільш зануреній частині ДДАБ до понад 1000 м. Дебіти свердловин становлять від 95,0–950,4 до 2592–4078 м³/д. Води напірні, висота напору змінюється від 10–30 до 70–100 м, сягаючи у центральній частині ДДАБ 500–600 м і більше. Рівні підземних вод встановлюються переважно на глибинах від 15–20 м. Мінералізація води переважно від 0,3 до 0,7 г/дм³, рідко до 4 г/дм³ і вище, хімічний склад гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий, кальцієво-натрієвий, гідрокарбонатно-сульфатний натрієвий, у зоні впливу солянокупольних структур хлоридний натрієвий.

На більшій частині свого поширення водоносний комплекс захищений від забруднення потужною монолітною товщею мергелів і крейди верхньої крейди і тому є неуразливим до забруднення.

Підземні води комплексу практично повсюдно в межах свого поширення є основним джерелом централізованого водопостачання, у т. ч. міст Полтави, Чернігова та ін. У районі м. Полтави внаслідок довготривалої експлуатації утворилася депресійна лійка із зниженням рівня в центрі до 30 м. Для централізованого водозабезпечення у м. Києві підземні води використовуються разом із юрськими водоносними відкладами, з якими з якими утворює єдиний водоносний комплекс. Унаслідок інтенсивної експлуатації сеноман-келовейського водоносного комплексу у 70–80 рр. минулого сторіччя тут також утворилося кілька депресійних лійок діаметром від 3–5 до 10–15 км із зниженням рівня підземних вод у центрі до 10–20 м. Після зниження обсягів видобутку рівні відновлюються.

Зважаючи на значні розміри груп МПЗВ у теригенних відкладах еоцену і альб-сеноману, складні умови формування ресурсів підземних вод і відмінності літологічного складу водовмісних порід, природний хімічний склад підземних вод МПЗВ суттєво різняться в різних частинах їхнього поширення. Це слід враховувати у процесі оцінки якісного стану підземних вод. Для дослідження особливостей розподілу підземних вод різної мінералізації та хімічного складу було проаналізовано дані Державного балансу запасів корисних копалин

України (Підземні питні і технічні води) (Державний баланс..., 2017, 2021) стосовно початкової мінералізації та макрокомпонентного складу вод досліджуваних МПЗВ, видані гідрогеологічні карти та фондові матеріали.

Група МПЗВ у відкладах еоцену. На правобережжі та на півночі лівобережжя (Київська, Чернігівська області) води МПЗВ у теригенних відкладах еоцену гідрокарбонатні кальцієві, кальцієво-магнієві, мінералізація переважно в межах 0,2–0,5 г/дм³. У південно-східному напрямку мінералізація поступово зростає, а в хімічному складі збільшується частка хлоридів і натрію. Практично на всій території Полтавщини хімічний склад вод в еоценових відкладах гідрокарбонатно-хлоридний або хлоридно-гідрокарбонатний натрієвий, мінералізація 0,6–1,5 г/дм³, у межах впливу солянокупольних структур (зокрема м. Ромни Сумської обл., с. Ісачки Полтавської обл.) – до 2,8–5,0 г/дм³. Для еоценового водоносного горизонту на території Полтавщини характерна наявність підвищеного вмісту фтору – 3–5 мг/дм³, подекуди до 9 мг/дм³, зумовленого присутністю фосфоритів у водовмісних породах (Жовинский та ін., 2001).

На південь від Харкова зафіксовані хлоридно-гідрокарбонатні натрієві води з мінералізацією до 2,0 г/дм³. У південно-східній частині басейну на межі з Донбасом поширені сульфатно-гідрокарбонатні, гідрокарбонатно-сульфатні магнієво-кальцієві води з мінералізацією 2–3 г/дм³ і більше, в яких збільшення вмісту сульфатів відбувається за рахунок вилугування пермських порід, які тут залягають на незначній глибині.

У долині Дніпра (від Кременчука до Павлограду) поширені води з мінералізацією від 2,6 до 3–4, іноді до 5–15 г/дм³, хлоридного натрієвого складу. В цих же районах і в нижній течії р. Самара і Оріль мінералізація вод підвищується від 2 до 7–8 г/дм³, подекуди до 10 г/дм³ і більше. За хімічним складом це хлоридні натрієві води, походження яких також найімовірніше пов'язане з підтоком високомінералізованих (до 60 г/дм³) напірних вод палеозою по тектонічних порушеннях.

Отже, хімічний склад води МПЗВ в еоценових відкладах формується в результаті впливу горизонтальної, вертикальної гідрохімічної зональності та солянокупольних структур (рис. 1).

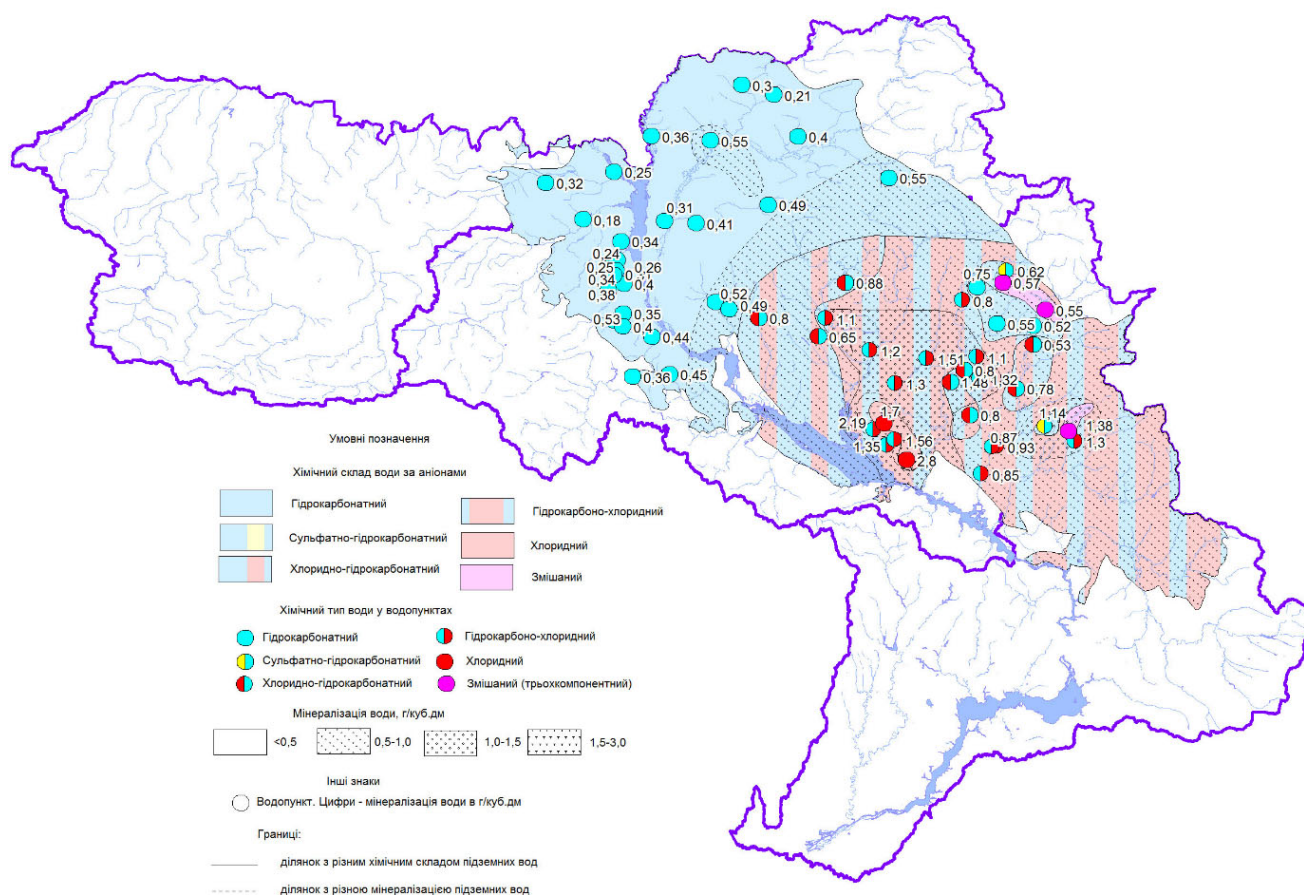


Рис. 1. Природний хімічний склад підземних вод МПЗВ у відкладах еоцену в межах басейну Дніпра

Група МПЗВ у відкладах альб-сеноману. Хімічний склад підземних вод групи МПЗВ у відкладах альб-сеноману закономірно змінюється від північно-східної до південно-західної частин басейну з гідрокарбонатних кальцієво-магнієвих вод з мінералізацією 0,3–0,4 г/дм³ до хлоридних натрієвих з мінералізацією до 2,8–3,7 г/дм³ і більше.

Південніше лінії Гребінки–Лубни–Миргород–Опішня поширені хлоридні натрієві води з мінералізацією 4–10 г/дм³, у районі Миргорода – 2,6–3,7 г/дм³. У районі

Диканьки, Полтавки та Решетилівки виділяються хлоридно-гідрокарбонатні натрієві води з мінералізацією 0,5–1,0 г/дм³. У східній частині басейну поширені переважно прісні води з мінералізацією 0,5–1,0 г/дм³ гідрокарбонатно-сульфатного, гідрокарбонатно-хлоридного натрієвого складу.

У районі м. Харкова мінералізація вод сягає 0,6–1,3 г/дм³, тут у макрокомпонентному складі переважають гідрокарбонатні, подекуди сульфатні і хлоридні

іони. На південному сході басейну переважають сульфатно-гідрокарбонатні натрієво-кальцієві води з мінералізацією до 0,7 г/дм³, подекуди сульфатно-хлоридні натрієві і хлоридні магнієво-натрієві з мінералізацією 1,6–2,2 г/дм³.

Порівняно з еоценовим макрокомпонентний склад води альб-сеноманського комплексу більш рівномірний. На більшій частині території переважають води з мінералізацією до 1,0 г/дм³, хімічний склад гідрокарбонатний і гідрокарбонатно-хлоридний, з-поміж катіонів одноосібно домінує натрій (рис. 2).

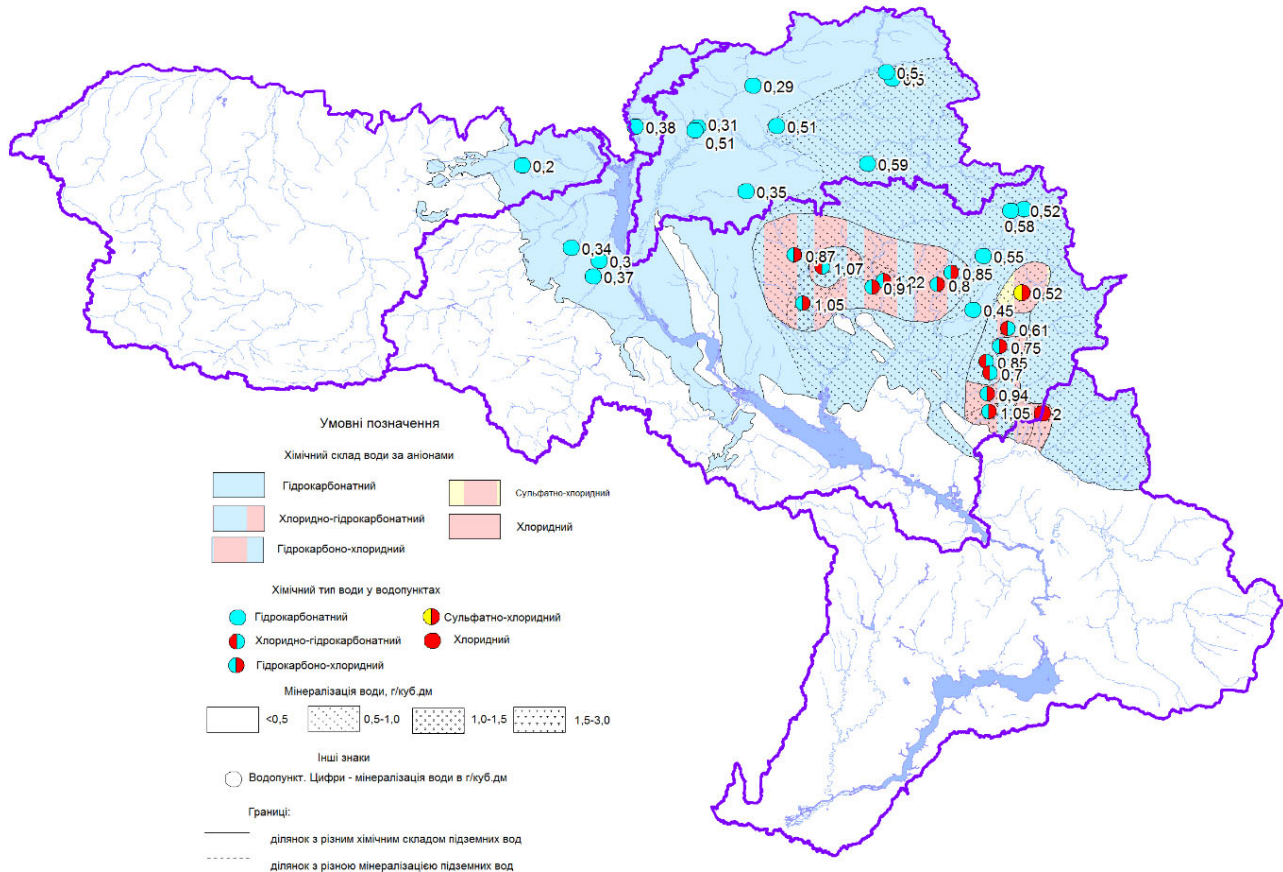


Рис. 2. Природний хімічний склад підземних вод МПЗВ у відкладах альб-сеноману в межах басейну Дніпра

Аналіз даних по ділянках, де розвідані запаси вод обох груп МПЗВ. На низці експлуатаційних ділянок (Державний баланс..., 2017, 2021) існують водозабори, облаштовані на обидві досліджувані групи МПЗВ. Дані стосовно деяких ділянок наведено в табл. 1. Зіставлення даних щодо мінералізації та хімічного складу води у межах таких ділянок дало змогу встановити таке.

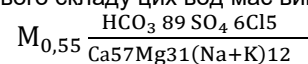
Покрівля водоносного комплексу у відкладах альб-сеноману у різних частинах ДДАБ фіксується на 100–800 м глибше за покрівлю водоносного горизонту у відкладах еоцену, проте обидві досліджувані групи МПЗВ належать до зони активного водообміну. Їхні води переважно прісні, водночас середні значення початкової мінералізації практично однакові, винятком є водозабір на Полтавщині, де висока мінералізація (до 2,0 г/дм³) у воді альб-сеноманських відкладів є, очевидно, наслідком впливу солянокупольної тектоніки у межах відповідного інтервалу глибин. Близький хімічний склад вод обох досліджуваних груп МПЗВ, враховуючи наявність між ними регіонального водотриву – монолітної мергельної товщі верхньої крейди, пояснюється однаковим інфільтрогенним походженням, спільними областями живлення і схожістю водовмісних порід.

Водночас на територіях Чернігівської та Сумської областей, у межах крайових частин ДДАБ, відмінністю

хімічного складу води у відкладах еоцену є більше розмаїття хімічного складу і більший розмах варіації мінімальної і максимальної мінералізації порівняно з водою комплексу альб-сеноманських відкладів. Хімічний склад води альб-сеноману вирізняє більш витриманий вміст макрокомпонентів, яскраво виражене переважання в катіонному складі натрію і в більшості випадків – менші відмінності між мінімумом і максимумом мінералізації, що, очевидно, відображає більш усталені й однорідні умови формування. На території Полтавської області, в межах осьової частини ДДАБ і суттєвого впливу солянокупольної тектоніки, макрокомпонентний склад і мінералізація обох МПЗВ практично ідентичні.

Найбільш детально хімічний склад вод МПЗВ у відкладах еоцену та альб-сеноману було вивчено на території м. Чернігова (Лысяный, 1996), де ці води використовуються для централізованого водопостачання (табл. 2, 3).

Тут води водоносного горизонту бучацької світи еоцену $P_{2b\delta}$ прісні (мінералізація 0,43–0,68 г/дм³), слабко лужні (pH 7,5–8,3), гідрокарбонатні магнієво-кальцієві. Формула сольового складу цих вод має вигляд



Таблиця 1

**Мінералізація та хімічний склад підземних вод водоносних горизонтів
в еоценових та альб-сеноманських відкладах у межах спільних експлуатаційних ділянок**

Родовище, ділянка, населений пункт	Водоносний горизонт, геол. індекс	Водовмісні породи	Глибина, покрівля – підшва, м	Початкова мінералізація, інтервал, г/дм ³	Хімічний склад
Чернігівська обл.					
Славутицьке, Неданчицька, с. Неданчичі	P ₂	Пісок др/з	71–155	0,28–0,43	ГНМК
	K ₁ +K ₂ s	Пісок др/з	175–250	0,32–0,43	ГНМК
Чернігівське, Бобровицька, м. Чернігів	P ₂	Пісок р/з	102–270	0,23–0,49	ГНМК
	K ₁ +K ₂ s	Пісок р/з	648–720	0,23–0,39	ГН
Чернігівське, Ялівщинська, м. Чернігів	P ₂	Пісок р/з	78–260	0,24–0,54	ГМК
	K ₁ +K ₂ s	Пісок р/з	612–715	0,31–0,48	ГМКН
Щорське, Щимельська, м. Снов	P ₂ bc	Пісок р/з	54–71	0,14–0,24	ГН
	K ₁ +K ₂ s	Пісок р/з	361–419	0,29–0,3	ГН
Сумська обл.					
Охтирське, д. Охтирська, м. Охтирка	P ₂ bc	Пісок р/з	66–85	0,51–0,86	ГХ МНК
	K ₁ +K ₂ s	Пісковик	727–886	0,58–0,79	ГН
Конотопське, д. Конотопська, м. Конотоп	P ₂ (kn+bc)	Пісок др/з	49–115	0,4–0,7	ГМК
	K ₁ +K ₂ s	Пісок р/з	489–645	0,5–0,6	ГН
Токарівське, Токарівська, с. Токарі	P ₂ (kn+bc)	Пісок р/з	54–68	0,48–0,65	ГН
	K ₁ +K ₂ s	Пісок з глиною	629–750	0,42–0,61	ГН
Лебединське, д. Лебединська, м. Лебедин	P ₂ (kn+bc)	Пісок з глиною	34–120	0,53–0,7	СГ НК
	K ₁ +K ₂ s	Пісок р/з	712–875	0,5–0,6	ГН
Полтавська обл.					
Сарське, Сарська, м. Гадяч	P ₂ (kn+bc)	Пісок др/з	198–217	0,6–1,0	ГХ Н
	K ₁ +K ₂ s	Пісок др-с/з	1017–1097	0,6–1,0	ГХ Н
Гадяцьке, Гадяцька, м. Гадяч	P ₂ (kn+bc)	Пісок др/з	170–201	0,75–0,85	ХГ Н
	K ₁ +K ₂ s	Пісок р/з		0,44–0,56	ХГ Н
Стасівське, Стасівська, с. Стасі	P ₂ (kn+bc)	Пісок др/з	193–220	0,72–0,82	ХГ Н
	K ₁ +K ₂ s	Пісок др/з	758–905	0,62–0,74	ХГ Н
Зіньківське, Зіньківська, м. Зіньків	P ₂ (kn+bc)	Пісок др/з	140–163	0,35–0,51	Г Н
	K ₁ +K ₂ s	Пісок з глиною	936–1067	0,36–0,54	Г Н
Карлівське, Центральна, м. Карлівка	P ₂ (kn+bc)	Пісок т-др/з	131–167	1,38–1,39	ГСХ Н
	K ₁ +K ₂ s	Пісок кварц.	562–702	1,9–2,0	Х Н
Котелевське, Котелевська, смт Котельва	P ₂ (kn+bc)	Пісок	172–200	0,42–0,64	ХГ Н
	K ₁ +K ₂ s	Пісок з глиною	993–1192	0,54–0,67	ХГ Н
Харківська обл.					
Красноградське Берестівська, м. Красноград	P ₂ (kn+bc)	Пісок кварцово- глауконітовий	93–150	0,56–1,2	ГХ Н
	K ₁ +K ₂ s	Пісок з пісковиком	497–580	1,09–1,67	ГХ Н

Такі води властиві верхнім частинам артезіанських басейнів в умовах гумідного клімату за наявності у водовмісних відкладах продуктів вивітрювання алюмосилікатів.

Упродовж спостережного періоду варіації вмісту макрокомпонентів були незначні. У сольовому складі бучацького горизонту різко домінують гідрокарбонати кальцію і магнію – до 88 % загальної суми солей, для них характерний підвищений вміст калію – до 15–16 мг/дм³ і високий вміст кремнієвої кислоти – до 55–62 мг/дм³, що перевищує ГДК.

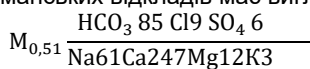
Іноки у водах бучацького горизонту, у центральній і східній частинах Чернігова (Словщина (насосна станція (н.с.). № 1) і Бобровиця (н.с. № 3) фіксувався підвищений вміст нітратів – до 2,4 мг/дм³ при фоновому 0,2 мг/дм³.

У бучацькому водоносному горизонті порівняно з крейдовим спостерігаються більш відчутні сезонні варіації за рахунок змін вмісту карбонату кальцію.

Водоносний горизонт альб-сеноманських відкладів K₁+K₂s залягає під потужною водотривкою мергельно-крейдовою товщею починаючи з глибин 550–650 м. Води цього горизонту прісні (мінералізація 0,42–0,58 г/дм³), лужні (рН 8,0–8,7), гідрокарбонатні натрієві і кальцієво-натрієві.

У сольовому складі водоносного комплексу альб-сеноманських відкладів переважає сода – до 61 % суми солей, у середньому 50 %, відповідно, вищий рН, що навіть на окремих водозаборах (н.с. № 3 і 4) призводить до зрушення карбонатної рівноваги і появи у воді карбонат-іону (12–18 мг/дм³).

Формула сольового складу вод водоносного комплексу альб-сеноманських відкладів має вигляд



Під час еколого-геохімічних досліджень території м. Чернігова у 90-х рр. минулого сторіччя було досить

детально вивчено мікрокомпонентний склад підземних вод. Інтервали і середній рівень вмісту мікрокомпонентів у водоносному горизонті буцацької світи еоцену та водоносного комплексу сеноман-нижньокрейдових відкладів наведено в табл. 3.

Таблиця 2

Усереднений макрокомпонентний склад підземних вод водоносних горизонтів м. Чернігова

Водоносний горизонт (комплекс)	Мінералізація, мг/дм ³	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	Жорсткість
ГДК	1000				200		0,5	50	0,1	250	250		10	7,0
Фізіологічна повноцінність	200–500		25–75	10–50	2–20	2–20								
P ₂ bĈ	550	8,1	74	24	9	15	0,1	1,0	0,01	10	19	360	37	5,67
K ₂ S-K ₁	510	8,3	29	9	85	7	0,1	1,0	0,01	21	17	323	16	2,19

Таблиця 3

Вміст металів у підземних водах водоносних горизонтів м. Чернігова

№ н.с.	Водоносний горизонт (комплекс)	Інтервал вмісту/середній вміст							
		Fe мг/дм ³	Mn мг/дм ³	Pb мкг/дм ³	Cu мкг/дм ³	Zn мкг/дм ³	Ni мкг/дм ³	Co мкг/дм ³	Cd мкг/дм ³
	ГДК	0,2	0,05	10	1000	1000	20	100	1,0
1	P ₂ bĈ	0,34–3,74 0,45	0,07–0,20 0,14	5–238 12	4–98 25	10–425 43	5–47 12	5–15 10	0,5–1,0 1,0
	K ₂ S-K ₁	0,21–0,79 0,39	0,02–0,19 0,04	10–105 10	5–37 25	10–133 34	5–34 12	5–13 10	0,5–1,0 1,0
2	P ₂ bĈ	0,1–0,63 0,33	0,11–0,15 0,13	5–15 7,2	5–50 18	10–46 22	5–43 12	5–13 7	0,5–1,0 0,5
	K ₂ S-K ₁	0,16–0,43 0,25	0,01–0,07 0,016	5–12 7	5–34 13	10–48 10	5–58 12	10 10	0,5–1,0 0,5
3	P ₂ bĈ	0,16–0,45 0,20	0,05–0,14 0,09	5–50 30	9–39 27	10–107 21	5–36 20	10 10	0,5–1,0 0,5
4	P ₂ bĈ	0,13–0,50 0,34	0,08–0,19 0,15	5–30 12	5–35 13	10–43 16	5–49 22	10 10	0,5–0,9 0,5
	K ₂ S-K ₁	0,1–0,24 0,17	0,01–0,03 0,02	5–10 7	5–21 12	10–72 12	5–32 20	10 10	0,5–0,8 0,5

З наведених даних випливає, що для підземних вод у відкладах буцацької світи еоцену характерний понад-нормовий вміст заліза (понад 0,2 мг/дм³) – від 0,1 до 3,74, у середньому 0,35 мг/дм³ і марганцю (понад 0,05 мг/дм³) – від 0,05 до 0,2, у середньому 0,135 мг/дм³. У підземних водах альб-сеноманських відкладів залізо також перевищує нормативний вміст, хоча він і менший, ніж у буцацькому горизонті – від 0,1 до 0,79, середній 0,25 мг/дм³. Вміст марганцю у воді альб-сеноманського комплексу також інколи перевищує нормативний, коливаючись від 0,01 до 0,19, середній 0,027 мг/дм³. Крім того, у воді буцацького водоносного горизонту відзначене повсюдне незначне перевищення нормативу вмісту свинцю, у середньому 0,011 мг/дм³, у той час як у воді альб-сеноманського водоносного комплексу середній вміст свинцю становив 0,008 мг/дм³. Слід зазначити, що підвищений вміст заліза і марганцю є характерною рисою підземних вод цієї частини ДДАБ, як ґрунтових вод, так і глибоких безкисневих напірних водоносних горизонтів. Такі природні особливості хімічного складу води обох досліджуваних МПЗВ зумовлюють потребу здійснення водопідготовки для доведення її до нормативного вмісту металів перед подаванням населенню. Водночас за вмістом кальцію, магнію, натрію, калію та показником жорсткості води відповідають вимогам до фізіологічної повноцінності (дод. 4 до Державних санітарних норм і правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10)).

Загалом вміст низки мікрокомпонентів-комплексотворювачів – заліза, марганцю, свинцю, міді, цинку у воді МПЗВ в еоценових відкладах є вищим, ніж у воді альб-сеноманських відкладів. Щодо вмісту нікелю, кобальту та кадмію, він таких закономірностей не виявляє, є однаково низьким у воді обох МПЗВ. У той же час деякі катіогенні елементи (барій, літій) і аніогенні (ванадій, молібден) у вищих концентраціях спостерігаються у воді МПЗВ у альб-сеноманських відкладах.

Слід зауважити, що як для макрокомпонентів, так і для більшості досліджених мікрокомпонентів характерним є значно більший розмах варіації їхнього вмісту у воді МПЗВ в еоценових відкладах порівняно з МПЗВ у альб-сеноманських відкладах, що відображає більш усталені умови формування ресурсів останнього.

Дискусія і висновки

Хімічний стан МПЗВ в еоценових і альб-сеноманських відкладах формується під впливом низки природних чинників. Перебуваючи в зоні активного водообміну, досліджені групи МПЗВ зазнають впливу природної географічної зональності, що відображається у збільшенні мінералізації та зміні аніонного складу з гідрокарбонатного на строкатий, з переважанням хлоридів з північного заходу на південний схід.

Зіставлення хімічного складу води груп МПЗВ в еоценових і альб-сеноманських відкладах у межах експлуатаційних ділянок, де розвідані запаси обох МПЗВ, свідчить про однакове інфільтрогенне походження, спільні області живлення і схожість складу водовмісних

порід. Водночас уже в цій гідродинамічній зоні починає спостерігатися і вертикальна гідрохімічна зональність, яка проявляється у зміні катіонного складу (переважання іону натрію) і загалом більш однорідному макрокомпонентному складі, а також у меншому розмаху варіації вмісту розчинених солей.

На водозаборах м. Чернігова відзначаються певні закономірності у розподілі мікрокомпонентів, а саме вищий вміст елементів-комплексотворювачів у воді МПЗВ у відкладах еоцену порівняно з водою з альб-сеноманських відкладів. Водночас у воді останніх відзначаються підвищені концентрації катіоногенних та аніоногенних елементів. Розмах варіації більшості досліджених мікрокомпонентів, як і у випадку з макрокомпонентами, також більший у воді верхнього МПЗВ в еоценових відкладах.

За вмістом більшості компонентів досліджені води відповідають нормативам ДСанПіН 2.2.4-171-10, однак часте перевищення нормативів за вмістом заліза, марганцю, а подекуди свинцю, фтору, мінералізації та інших компонентів вимагає термінового відновлення моніторингових спостережень.

Встановлені особливості формування хімічного складу вод будуть використані у процесі моніторингу підземних вод і дозволять визначити періодичність спостережень, а також уточнити екологічні цілі для досліджених груп МПЗВ.

Внесок авторів: Наталія Люта – концептуалізація, методологія, написання (оригінальна чернетка); Ірина Саніна – валідація даних, методологія, написання (перегляд і редагування).

Список використаних джерел

- Гошовський, С., Саніна, І., & Люта, Н. (2019). Ідентифікація і розмежування масивів підземних вод у басейні річки Дніпро, Україна. *Заключний звіт*. https://www.euwipluseast.eu/images/2019/04/GWB-Delineation-DNIPRO-UA_final.pdf
- Державний баланс корисних копалин України. (2017). Питні підземні води. ДНВП "Геоінформ України".
- Державний баланс корисних копалин України. (2021). Питні підземні води. ДНВП "Геоінформ України".
- Жовинський, Е. Я., Кураєва, І. В., Крюченко, Н. О., & Дмитренко, А. Е. (2001). Геологоструктурні та геохімічні умови формування фтороносних провінцій України. *Мінералогічний журнал*, 23, 5/6, 31–36.
- Колябіна, І. Л., Шестопалов, В. М., & Кастельцева, Н. Б. (2021). Механізми формування хімічного складу питних підземних вод Київського родовища (на прикладі водозабору "Оболонь"). *Геологічний журнал*, 2, 24–46.

Natalia LYUTA, PhD (Geol. & Mineral.)

ORCID ID: 0000-0003-4070-0944

e-mail: nlyuta@ukr.net

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Iryna SANINA, Junior Researcher

ORCID ID: 0000-0002-6592-9625

e-mail: ekogeol@ukr.net

SI Radio-environmental Center of the National Academy of Sciences of Ukraine (SI REC NASU), Kyiv, Ukraine

PECULIARITIES OF GROUNDWATER CHEMICAL COMPOSITION IN EOCENE AND ALBIAN-CENOMANIAN TERRIGENOUS SEDIMENTS IN THE DNIPRO BASIN

Background. The Dniprovsko-Donetskyi Artesian Basin is the largest hydrogeological region of the first order in Ukraine in both area and resources. The main forecasted resources within its boundaries are confined to the Eocene aquifer and the Alb-Cenomanian aquifer complex. These aquifer and complex are the principal ones - they are the basis for centralized water supply of a number of large settlements, so studying their chemical composition is of exceptional importance. The parts of the mentioned aquifer and complex that contain drinking water are identified as groundwater bodies (GWBs) – groundwater monitoring objects for which environmental objectives and risks of failure to achieve these objectives should be determined. At the same time, the natural water quality composition of these groundwater bodies groups is characterized by significant spatial heterogeneity, which should be taken into account when determining trends in its changes and specifying environmental objectives. The aim of the study was to establish the peculiarities of the spatial distribution of water with different chemical composition. The object of the study was aquifers in Eocene and Alb-Cenomanian sediments within the Dniprovsko-Donetskyi artesian basin (Dnipro River Basin), and the subject was the chemical composition of water in these aquifers.

Methods. To achieve these purposes, data on the chemical composition of the aquifer in the Eocene sediments and the aquifer complex in the Alb-Cenomanian sediments were collected, summarized and analyzed from published and fund sources. The information was processed using geographic information systems, and a database was created to generate specialized maps and perform joint data analysis.

Results. In the article the mineralization and macrocomponent composition of groundwater in the terrigenous sediments of the Eocene and Albian-Cenomanian of the Dnipro basin are investigated and the peculiarities of their spatial distribution are established. Particular attention is paid

Кошлякова, Т. О. (2011). Зміни хімічного складу питних підземних вод м. Києва в процесі експлуатації. *Збірник наукових праць ІГН НАН України*, 4, 84–89.

Лысяный, Н. Н. (1996). Гидрохимические исследования в пределах жилищно-промышленной агломерации г. Чернигова и прилегающих районов. *Отчет ГРПП "Севгеология"*.

Соболевский, Э. Э. (1981). Обобщение материалов по перспективной оценке эксплуатационных запасов подземных вод Украинской ССР. *Отчет. ЦТЭ*.

Стан підземних вод. (2021). Щорічник. Державна служба геології та надр України. ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України".

Яковлев, В. В. (2015). Закономірність формування сольового складу природних вод зони активного водообміну України. *Вісник ХНУ. Геологія, географія, екологія*, 43, 93–100.

Яковлев, В. В. (2012). Залишкові запаси реліктових прісних вод у колекторах української частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*, 20, 134–138.

References

- Goshovsky, S., Sanina, I., & Lyuta, N. (2019). Identification and delimitation of groundwater bodies in the Dnipro River basin, Ukraine. *Final report* [in Ukrainian]. https://www.euwipluseast.eu/images/2019/04/GWB-Delineation-DNIPRO-UA_final.pdf
- Kolyabina, I. L., Shestopalov, V. M., & Kasteltseva, N. B. (2021). Chemical composition of drinking groundwater of Kyiv deposit formation mechanisms (on the example of Obolon water intake). *Geological Journal*, 2, 24–46 [in Ukrainian].
- Koshlyakova, T. O. (2011). Changes in the chemical composition of drinking groundwater in Kyiv during operation. *Coll. Science. etc. IGS NAS of Ukraine*, 4, 84–89 [in Ukrainian].
- Lysyanyi, N.N. (1996). Hydrochemical studies within the limits of the Chernigov residential and industrial agglomeration and adjacent areas. *Report.SRGP "Sevgeologiya"* [in Russian].
- Sobolevsky, E.E. (1981). Generalization of materials on the prospective assessment of exploitable groundwater reserves in the Ukrainian SSR. *Report. CTE* [in Russian].
- State balance of minerals of Ukraine. (2017). Drinking groundwater. SSPE "Geoinform of Ukraine" [in Ukrainian].
- State balance of minerals of Ukraine. (2021). Drinking groundwater. SSPE "Geoinform of Ukraine" [in Ukrainian].
- State of groundwater. (2021). Yearbook. State Service of Geology and Subsoil of Ukraine. State Information Geological Fund of Ukraine [in Ukrainian].
- Zhovinsky, E. Ya., Kuraeva, I. V., Kryuchenko, N. O., & Dmytrenko, A. E. (2001). Geological and geochemical conditions of the formation of fluorine-bearing provinces of Ukraine. *Mineralogical Journal*, 23, 5/6, 31–36 [in Ukrainian].
- Yakovlev, V. V. (2015). Regularity of formation of the salt composition of natural waters of the active water exchange zone of Ukraine. *Bulletin of KHNu. Ser. Geology, Geography, Ecology*, 43, 93–100 [in Ukrainian].
- Yakovlev, V. V. (2012). Residual reserves of relict freshwater in the reservoirs of the Kyiv. *Collection of scientific papers of the Institute of Environmental Geochemistry*, 20, 134–138 [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 25.04.23

Прорецензовано / Revised: 15.10.23

Схвалено до друку / Accepted: 21.02.24

to the areas where the exploitation reserves of both groundwater aquifers are explored. The qualitative, including microcomponent, composition of groundwater in terrigenous sediments of the Eocene and Albion-Cenomanian in Chernigiv City was characterized in detail. Peculiarities of formation of the chemical composition of groundwater in terrigenous sediments of the Eocene and Albion-Cenomanian were established.

C o n c l u s i o n s . It has been established that despite the fact that both GWBs are located in the zone of active water exchange, the content of macro- and microcomponents in them is quite different. In particular, in the water in the Alb-Cenomanian sediments, the macrocomponent composition of water is more homogeneous, and the content of macro- and microcomponents is characterized by a smaller range of variation.

The identified peculiarities of the natural quality composition of the studied GWBs should be taken into account in the process of groundwater monitoring, in particular, when specifying environmental objectives and determining the frequency of groundwater quality state observations.

K e y w o r d s : Dniprovska-Donetsky artesian basin, groundwater bodies in Eocene sediments, groundwater bodies in Albion-Cenomanian sediments, groundwater quality state, mineralization, hydrochemical zoning.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.