

<https://doi.org/>

УДК 556.314:556.388

Удалов І. В., Левонюк С. М.

Удалов І. В., д. геол. н., доцент, зав. кафедри гідрогеології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, <https://orcid.org/0000-0003-3844-6481>, igorudalov8@gmail.com

Левонюк С. М., науковий співробітник Українського науково-дослідного інституту природних газів, <https://orcid.org/0000-0002-4073-8152>, sergii.levonyuk@gmail.com

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДДАБ

У статті запропоновано сучасний концептуальний підхід до вивчення еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу питних підземних вод бучацько-канівського водоносного комплексу центральної частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну у поточних природно-техногенних умовах. Проведено раціональне комплексування показників, які характеризують геологічні, еколого-гідрогеологічні та неотектонічні умови даної території. На базі цього встановлено та досліджено природні та техногенні чинники погіршення якості вод цільового комплексу на сучасному етапі. Виявлено просторово-часові закономірності змін хімічного складу досліджуваних вод протягом періоду активного комплексного техногенного впливу на геологічне середовище регіону (1960-2015 рр.). Встановлено основні елементи-забруднювачі цих вод, із розподілом їх на глибинні та поверхневі за генезисом. Визначено елементи-індикатори, що характеризують трансформацію якісного складу підземних вод. Простежено динаміку до збільшення їх вмісту у процесі довгострокової експлуатації на близько 20 потужних міських водозаборах території досліджень. На основі даного підходу розроблено заходи для стабілізації хімічного складу вод на водозаборах у межах даної території, що експлуатують бучацько-канівський водоносний комплекс. Обґрунтовано методичний підхід до прогнозування змін екологічного стану підземних вод під впливом встановлених еколого-гідрогеологічних чинників. Запропоновано заходи екологічно безпечного використання підземних вод на стратегічно важливих водозаборах у межах регіону. Надано рекомендації як для діючих, так і для перспективних водозаборів.

Ключові слова: концептуальний підхід, дестабілізація якості підземних вод, просторово-часові закономірності, елементи-індикатори, водозабори на бучацько-канівський водоносний комплекс.

Загальна постановка проблеми та її актуальність.

Для України питання забезпечення населення високоякісними питними водами є пріоритетною складовою вирішення проблеми безпеки життєдіяльності. Особливо гострим воно є у межах східних регіонів країни, так як тут під впливом значного техногенного навантаження на геологічне середовище (ГС) спостерігаються значні якісні та ресурсні зміни поверхневих та питних підземних вод.

Одним із головних джерел питного водозабезпечення регіону досліджень є води бучацько-канівського водоносного комплексу (БКВК), які історично відзначалися високою якістю та стабільним хімічним складом. Але наразі для деяких урбанізованих територій регіону характерним є істотний техногенний пресинг на підземні води та складна тектонічна будова разом із сучасною геодинамічною активністю земної кори. У той же час БКВК є локально вразливим до забруднення як техногенного, так і природного характерів. Тому хімічний склад підземних вод в останній час зазнає значних трансформаційних змін.

Як наслідок – у межах цих територій проблема екологічно якісних питних підземних вод стоїть особливо гостро, так як цільові води частково або повністю не придатні для питних цілей.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. У роботі Шестопалова В. М., Бабинця А. Є. та ін. [12] досліджено формування експлуатаційних ресурсів питних підземних вод регіонів України. Варава К. Н. зі співавторами [1] встановив основні фактори, які впливають на формування підземних вод безпосередньо Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (ДДАБ). Яковлев В. В. у своїх роботах [13 та ін.] досліджував просторово-часові закономірності змін якісного складу та гідродинамічного режиму підземних вод експлуатаційних водоносних комплексів Східної України для їх прогнозування на водозаборах території.

Вищенаведені публікації узагальнюють результати регіональних еколого-гідрогеологічних досліджень підземної гідросфери (у тому числі й БКВК) даної та суміжних територій. Але при цьому визначено лише

регіональні закономірності гідрогеохімічного та гідрогеодинамічного режимів питних підземних вод, які не відображають ряд природних та техногенних особливостей даного регіону. А саме: поява не врахованих факторів впливу на якість підземних вод зі збільшенням техногенезу ГС та урбанізації регіону, а також із активізацією не повністю досліджених гідрогеоміграційних процесів у межах тектонічних структур.

Праці таких науковців, як Яковлев Є. О., Сляднєв В. А., Огняник М. С. та ін. [7, 15] були спрямовані на розробку методології вивчення геологічного середовища та, зокрема, еколого-гідрогеологічних досліджень питних підземних вод, що знаходяться під впливом активного техногенезу. Основні принципи їх досліджень є базовими для сучасних розробок у даному напрямку, але потребують удосконалення при розробці методичного підходу до геоекологічного вивчення підземної гідросфери на локальному рівні.

Необхідно також відзначити велику кількість досліджень, проведених у межах території робіт у 1950-1980-х роках співробітниками Кременчуцької та Харківської ГРЕ КП «Південукргеологія». Роботи мали практично-прикладну направленість та проводилися у рамках проектування потужних водозаборів для стабільного водозабезпечення питними підземними водами населення та різних сфер народного господарства. У результаті були розвідані та підраховані значні запаси підземних вод БКВК у межах урбанізованих територій, оцінена поточна якість цих вод та надані прогнози на майбутнє з урахуванням встановлених факторів впливу на їх якісний склад. Але в результаті сумісного впливу сучасного техногенного навантаження на ГС та не врахованих геолого-неотектонічних умов даної території їх позитивні прогнози якісного складу вод у процесі довгострокової експлуатації водозаборів не підтвердилися.

Найбільш детально у межах Східної України досліджувався мергельно-крейдовий водоносний горизонт (МКВГ), так як він є основним джерелом питного водопостачання у Луганській та більшій частині Харківської областей. Заслужують увагу сучасні роботи Решетова І. К., Чомка Д. Ф., Яковлева В. В., Удалова І. В., Кононенко А. В. та ін. [3, 8, 11, 14]. Згідно них, еколого-гідрогеологічні умови даного горизонту мають значні відмінності від бучацько-канівського комплексу:

- незначні глибини залягання водовмісних порід (аж до їх виходу на поверхню);
- тісний гідравлічний зв'язок вод горизонту із поверхневими водами (особливо у долинах р. Сіверський Донець);
- слабка захищеність МКВГ від поверхневого забруднення із-за відсутності регіонально витриманого надійного водотриву у його покрівлі;

- як наслідок – превалюючими факторами забруднення МКВГ є суто техногенні чинники (вплив промислових, сільськогосподарських та побутових забруднювачів, «мокра» консервація вугільних шахт Донбасу та ін.);

- природні фактори погіршення якості цих вод (підтік глибинних некондиційних вод у місцях їх розвантаження) мають опосередковане значення на фоні загальних гідрогеохімічних трендів складу вод горизонту.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Звичайно різні аспекти вивчення проблеми погіршення якості питних підземних вод території робіт у техногенно порушених умовах не вичерпуються перерахованими вище науковими працями. Але дані дослідження є досить різноплановими і їх вивчення дозволяє стверджувати про відсутність комплексного підходу до вивчення трансформації якісного складу підземних вод на водозаборах центральної частини ДДАБ, які експлуатують БКВК, в умовах зростаючого впливу сучасних природно-техногенних чинників.

Через десятки років запропонований підхід до вивчення змін складу вод та проектування потужних водозаборів у межах регіону був виправданий, але у процесі довгострокової експлуатації цільових підземних вод було виявлено ряд природно-техногенних факторів, які впливають на їх якісний склад та гідродинамічний режим:

- сучасний різноплановий техногенез питних підземних вод (інтенсифікація водовідбору та збільшення мережі водозаборів; зміни гідродинамічних умов водоносних комплексів та утворення їх регіональних депресійних лійок);
- неотектонічні умови даної території (розширення меж впливу водозаборів до тектонічних структур або розривних тектонічних порушень; значна сучасна геодинамічна активність земної кори);
- геолого-гідрогеологічні особливості (збільшення гідравлічного зв'язку БКВК із нижчезалягаючими підземними водами за рахунок інтенсифікації водовідбору та літологічних факторів на ділянках тектонічних структур).

У результаті експлуатації потужних водозаборів поступово змінювалося ГС регіону, що призвело до погіршення якості питних підземних вод. Збільшився вміст як компонентів поверхневого генезису (NH_4^+ , NO_2^-), так і глибинного (Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{зар.}}$, Br^- , B^{3+} , J та деякі ін.). При чому елементи-забруднювачі глибинного генезису мають превалюючий характер, їх підвищений вміст простежений на більшості водозаборів території робіт. Для прикладу, перевищення нормативу вмісту F^- [2], що є елементом-індикатором трансформації складу цих вод, у межах регіону зафіксовано на водозаборах 145 населених пунктів у 14 районах Пол-

тавської та Харківської областей. Вміст елементу на деяких ділянках досягає 5 гранично допустимих концентрацій (ГДК), який є критично загрозливим для здоров'я населення та безпеки його життєдіяльності [4].

Наразі назріла розробка концептуального підходу до вивчення трансформації якісного складу вод на водозаборах, що експлуатують БКВК, та дослідження впливу сучасних природно-техногенних факторів на погіршення якості цих вод. Нами визначені напрямки для проведення комплексу геоекологічних досліджень, які покликані вирішити дані проблеми з метою розробки рекомендаційних заходів для стабілізації якості даних вод.

Метою роботи є дослідження трансформації якісного складу вод БКВК на водозаборах центральної частини ДДАБ та простеження впливу сучасних природно-техногенних факторів на погіршення якості цих вод для розробки заходів із стабілізації їх хімічного складу.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження базуються на зібраних і проаналізованих первинних матеріалах, отриманих авторами під час виконання науково-дослідних робіт, а також даних, отриманих Кременчуцькою та Харківською ГРЕ КП «Південукргеологія». Досліджено результати близько 1000 загальних хімічних аналізів проб підземних вод цільового комплексу із свердловин у межах регіону робіт протягом 1960-2015 рр. Проаналізовано результати буріння понад 450 свердловин регіону, пробурених на БКВК, та понад 500 – на вищезалгаючі комплекси, а також близько 500 замірів рівнів сусідніх цільового та першого міжпластового комплексів за 55-річний період часу.

Також авторами зібрана та проаналізована інформація геоекологічного характеру – дані про техногенне навантаження на підземні води території (водовідбір на водозаборах, наявність існуючих і потенційних джерел виснаження й забруднення підземних вод та характер їх розташування та ін.). Окремо використані наявні сучасні дані неотектонічних умов території досліджень.

У роботі використано такі методи отримання, обробки та інтерпретації необхідних еколого-гідрогеологічних даних: польові, хіміко-аналітичні, порівняльні, графічні. Крім цього, для обробки інформації застосовувався ряд загальнонаукових методів досліджень – аналіз, синтез, систематизація, класифікація. Також використовувалися спеціальні методи – геологічні, гідрогеологічні та екологічні (балансовий метод оцінки ресурсів підземних вод та ін.). При обробці отриманого значного масиву даних використовувалися математико-статистичні методи (кореляційний аналіз). При моделюванні змін гідрохімічних особливостей підземних вод використовувалися геоі-

нформаційні методи (інтерполяції та аналогій) з використанням програми MapInfo Professional 10.0.

Результати дослідження та їх обговорення. Авторами запропоновано концептуальний підхід до вивчення еколого-гідрогеологічної трансформації якісного складу підземних вод на водозаборах центральної частини ДДАБ, що експлуатують БКВК, у сучасних природно-техногенних умовах, який базується на наступному:

1) виявлення просторово-часових закономірностей змін хімічного складу вод БКВК протягом періоду активного техногенного впливу на ГС регіону (1960-2015 рр.);

2) визначення елементів-індикаторів, що характеризують трансформацію якісного складу вод та їх простеження на потужних водозаборах території робіт;

3) раціональне комплексування показників, які характеризують геологічні, еколого-гідрогеологічні та неотектонічні умови регіону для встановлення та дослідження природних і техногенних факторів дестабілізації якості цих вод на сучасному етапі.

Дослідження загального екологічного стану підземних вод БКВК у межах території робіт протягом саме періоду активного техногенезу ГС є основним для встановлення та систематизації гідрогеохімічних аномалій цих вод. У процесі робіт простежено основні елементи-забруднювачі підземних вод, які мають систематичні підвищені значення на крупних водозаборах. Їх систематизовано у 2 групи:

- елементи-забруднювачі поверхневого генезису (NH_4^+ , NO_2^-), які не вирізняються широким розповсюдженням (простежені лише на 3 крупних водозаборах мм. Полтава, Хорол, Красноград);

- елементи-забруднювачі глибинного генезису (Cl^- , Na^+ + K^+ , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , B^{3+} , J^- , а як наслідок – підвищена мінералізація вод). Встановлено, що дані забруднювачі є превалюючим фактором погіршення якості цільових підземних вод, так як простежені на більшості крупних водозаборів регіону робіт (мм. Полтава, Карлівка, Котельва, Диканька, Опішня, Зіньків, Гадяч, Пирятин, Чорнухи, Шишаки, Лохвиця, Миргород, Хорол, Лубни, Велика Багачка, Решетилівка, Чутове, Красноград, Богодухів та деякі ін. менш потужні).

Найбільшим розповсюдженням на вищенаведених водозаборах відзначаються наступні забруднювачі: Cl^- , F^- , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Br^- , B^{3+} , J^- . На основі цього автори їх віднесли до елементів-індикаторів трансформації якісного складу вод БКВК. Визначено, що для цих компонентів характерна динаміка до збільшення їх вмісту у процесі активної експлуатації потужних водозаборів регіону. Кількість понаднормових значень їх вмісту [2] зростає, наприклад, F^- – із 38 % до 63 %, $\text{Fe}_{\text{заг.}}$ – із 19 % до 66 %, Br^- , B^{3+} , J^- – із 23 % до 63 %.

У ході досліджень виявлено близько 20 мереж потужних міських водозаборів регіону, на яких простежені підвищені значення вищенаведених елементів-індикаторів, найбільш характерні – водозабори м. Полтава, Карлівка, Красноград, Лубни, Хорол, Решетилівка. У межах цих ділянок проблема екологічно якісних питних підземних вод стоїть особливо гостро, так як цільові води частково або повністю не придатні для питних цілей.

Ділянки розташування даних водозаборів відзначаються подібністю геологічних, еколого-гідрогеологічних та неотектонічних умов. Тому для встановлення сучасних природно-техногенних факторів дестабілізації якісного складу вод на даних об'єктах авторами було обрано одну, стратегічно важливу для цієї території мережу водозаборів Полтавської міської агломерації. Наразі у межах міста експлуатаційними є БКВК та сеноман-нижньокрейдовий водоносний комплекс (СНВК) (таблиця 1, рис. 1).

Таблиця 1. Дані гідрохімічних спостережень на водозаборах м. Полтава
Table 1. The data of hydrochemical observation at water intakes of Poltava city

Водоносний комплекс	Роки спостережень	Мінералізація, мг/дм ³		СГ, мг/дм ³		F ⁻ , мг/дм ³		Br ⁻ +B ³⁺ +J ⁻ (сумарно), мг/дм ³	
		Схід міста	Інші ділянки	Схід міста	Інші ділянки	Схід міста	Інші ділянки	Схід міста	Інші ділянки
БКВК	1978-1983	980	500-770	397	150-275	2,7	2,2-2,9	0,65	0,23-0,76
	1985-1995	1452	700-1100	588	199-325	7,4	3,4-4,0	2,0	0,7-1,2
	2005-2015	1390	667-1050	520	188-316	6,5	3,1-3,6	1,2	0,66-1,12
СНВК	1960-1965	1050-1308	575-875	398-498	253-405	1,5-2,5	0,45-1,5	0,9-1,5	0,47-1,31
	1980-1995	1500-1806	753-1267	575-650	294-480	3,9-4,0	0,76-1,9	2,1-2,5	0,85-1,78
	2005-2015	1447-1800	680-1250	503-587	231-415	3,6-3,7	0,5-2,0	1,8-2,5	0,52-1,7

Аналіз просторово-часових закономірностей змін вмісту елементів-індикаторів в експлуатаційних у межах міста підземних водах показав, що факторами впливу на якісний склад цих вод наразі є:

1) збільшення загального водовідбору підземних вод та, як наслідок, зниження їх рівнів. Найбільших трансформаційних змін склад вод БКВК зазнав у 1976-1995 рр. (збільшення значень компонентів складо 81-90 % від загального). Цей період характерний стрімкими змінами режиму експлуатації водоносних комплексів: значне збільшення водовідбору (до 187 тис. м³/добу) та зниження рівнів вод даних комплексів (86 % від загального) призвели до утворення глибоких депресійних лійок із максимальними глибинами близько 40 м (БКВК) і 82 м (СНВК);

2) значний гідравлічний та гідрогеохімічний зв'язок між БКВК та СНВК, що підтверджується синхронними змінами якісного складу та рівневого режиму комплексів;

3) наявність на східній околиці міста Східно-Полтавської тектонічної структури, яка у центральній частині розбита на блоки розривними порушеннями. Це підтверджується загальною тенденцією у складі вод – збільшення мінералізації та вмісту елементів-індикаторів у східному напрямку;

4) залягання у верхній частині БКВК та підшві мергелів та глин ківського віку регіонального шару фосфоритових конкрецій та наявні гідрогеохімічні

передумови до підвищення його розчинності (один із основних чинників збільшення вмісту F⁻ у цільових водах).

Підтвердженням взаємозв'язку цих факторів є встановлений авторами за результатами кореляційного аналізу прямий позитивний зв'язок зміни вмісту характерних елементів-індикаторів трансформації якісного складу вод від величини загального водовідбору на міських водозаборах в зоні безпосереднього впливу тектонічного порушення Східно-Полтавської структури. Були розраховані коефіцієнти кореляції Пірсона:

- для водозабору № 1 (відстань до порушення 0,5 км) $r_1 = 0,70-0,90$;

- №№ 2, 3, 4 (3-3,4 км) $r_{2-4} = 0,46-0,84$;

- № 5 (близько 5 км) $r_5 = 0,43-0,57$.

На рис. 2 наведено графік кореляційного зв'язку між вмістом F⁻ у цих водах із водовідбором. F⁻ був визначений як провідний елемент-індикатор трансформаційних змін складу цільових вод та відноситься до елементів I класу небезпеки.

Більш детально трансформація якісного складу підземних вод на потужних водозаборах території описана в публікаціях авторів [9, 16 та ін.]

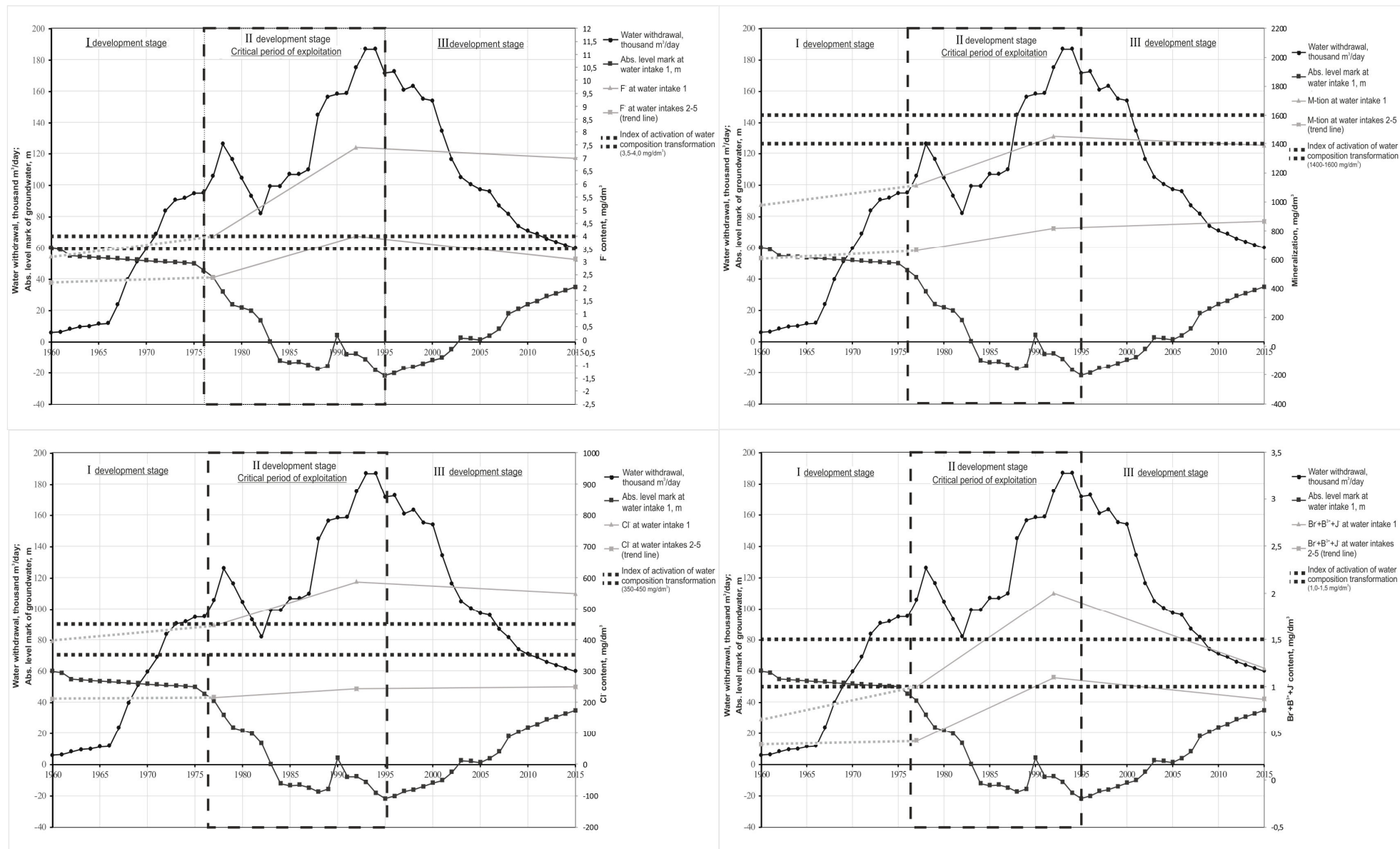


Рис. 1. Результати моніторингових досліджень на водозаборах м. Полтава

Fig. 1. The results of monitoring studies at the water intakes of Poltava city

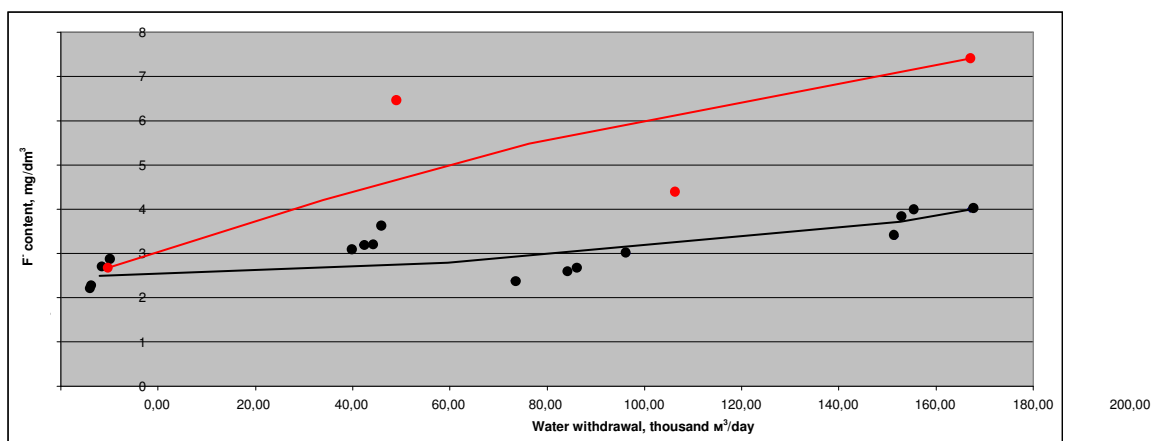


Рис. 2. Кореляційний зв'язок між вмістом F у підземних водах та показником водовідбору на водозаборах № 1 (точки та лінія тренду червоного кольору) та №№ 2-5 (точки та лінія тренду чорного кольору) м. Полтава

Fig. 2. Correlation between the F content in groundwater and the water withdrawal index at water intakes No. 1 (points and trend line in red) and No. 2-5 (points and trend line in black) of Poltava city

Тобто, автори вважають беззаперечним прямий зв'язок встановлених показників, які характеризують геологічні, еколого-гідрогеологічні та неотектонічні умови регіону робіт, із якісним складом цільових вод. На базі раціонального комплексування даних показників встановлені сучасні превалюючі природні та техногенні фактори дестабілізації якості та гідродинамічного режиму підземних вод БКВК.

1. Поточне техногенне навантаження на ГС території:

- інтенсифікація водовідбору підземних вод;
- зміни гідродинамічних умов експлуатаційних водоносних комплексів за рахунок збільшення мережі водозаборів;

- утворення регіональних депресійних лійок експлуатаційних водоносних комплексів, накладання яких створює синергетичний ефект.

2. Неотектонічні умови даної території:

- знаходження у межах ділянок сучасного впливу водозаборів тектонічних структур або розривних тектонічних порушень;

- значна сучасна геодинамічна активність земної кори, як фактор впливу на гідрогеоміграційні процеси у межах тектонічних порушень.

3. Геолого-гідрогеологічні особливості регіону:

- різке зменшення потужності мергельно-крейдової товщі, яка відділяє води БКВК від СНВК, у напрямку тектонічних структур;

- як наслідок – збільшення гідравлічного зв'язку БКВК із нижчезалягаючими підземними водами за рахунок інтенсифікації водовідбору;

- залягання у верхній частині бучацько-канівського комплексу та підошві відкладів київського віку регіонального шару фосфоритових конкрецій

та підвищення його розчинності у поточних гідрогеохімічних умовах.

Подальше прогнозування змін гідрогеохімічного стану цільових вод у процесі експлуатації водозаборів регіону повинно виконуватися з урахуванням цих режимоутворюючих чинників.

Практичною цінністю концептуального підходу є розробка авторами заходів для стабілізації хімічного складу вод БКВК на водозаборах центральної частини ДДАБ з урахуванням вищенаведених особливостей.

І. Обґрунтування методичного підходу до прогнозування змін екологічного стану підземних вод на водозаборах території робіт, що експлуатують БКВК, під впливом встановлених еколого-гідрогеологічних факторів.

У вищенаведених дослідженнях різних науковців наводилися різні підходи до прогнозування якісного складу цільових вод у процесі експлуатації водозаборів регіону. Але, як було встановлено, дані роботи мають ряд слабких сторін. Визначення сучасних природно-техногенних чинників впливу на якість цільових вод дозволило розробити методичний підхід до прогнозування просторово-часових змін екологічного стану цих вод під впливом елементів-забруднювачів як техногенного (поверхневого), так і природного (неотектонічного) генезису.

Розроблена методика є комплексною та дозволяє визначити ступінь захищеності підземних вод від забруднення, яке спричинене кожною із встановлених груп факторів:

- а) оцінка захищеності від техногенного забруднення, яке надходить у підземні води у процесі низхідної вертикальної фільтрації та міграції із поверхні землі. Базується на таких еколого-гідрогеологічних показниках: інтенсивність техногенного навантажен-

ня на ГС та її зміни у межах території; характер комплексної бар'єрної функції верхньої частини ГС, яка визначається літолого-фільтраційною захисною здатністю бар'єрів (шарів відкладів), які залягають між поверхнею землі та БКВК; параметр інфільтрації через регіонально витриманий роздільний шар слабопроникних відкладів, що залягає у покрівлі цільового водоносного комплексу. Кожен із цих показників оцінюється у відповідності із спеціально розробленими шкалами, по яким встановлюється його значення у залежності від локальних еколого-гідрогеологічних характеристик;

б) оцінка захищеності від природних факторів забруднення (перетік глибинних некондиційних вод через гідродинамічно активні тектонічні порушення). В її основі: параметр впливу природних неотектонічних факторів на якість підземних вод БКВК; показник сучасної геодинамічної активності земної кори у межах регіону.

При необхідності обидва етапи робіт поєднуються за допомогою суміщення категорій та індексів захищеності у 25 різних комбінацій (таблиця 2).

Таблиця 2. Градації комплексної системи ранжування території по захищеності вод БКВК від забруднення

Table 2. The gradations of complex system of territory ranking for BKWC waters protection from pollution

Категорія та індекс	Ступінь захищеності від техногенного забруднення	Ступінь захищеності від природного забруднення
E1	Дуже низька	Дуже низька
D1		Низька
C1		Умовна
B1		Висока
A1		Дуже висока
E2	Низька	Дуже низька
D2		Низька
C2		Умовна
B2		Висока
A2		Дуже висока
E3	Умовна	Дуже низька
D3		Низька
C3		Умовна
B3		Висока
A3		Дуже висока
E4	Висока	Дуже низька
D4		Низька
C4		Умовна
B4		Висока
A4		Дуже висока
E5	Дуже висока	Дуже низька
D5		Низька
C5		Умовна
B5		Висока
A5		Дуже висока

Більш детально даний методичний підхід описаний в публікаціях авторів [10 та ін.].

II. Розробка заходів екологічно безпечного використання підземних вод на потужних водозаборах у межах регіону.

Використання застарілих діючих методичних рекомендацій по контролю за змінами якісного складу підземних вод [2, 6 та ін.] є неприпустимим на фоні поточного мінливого екологічного стану вод БКВК. Сучасні економічні та екологічні умови вимагають розробити ефективні та оперативні заходи із екологічно безпечного використання цих вод на водозаборах регіону робіт.

Автори вважають дану проблему багатогранною та пропонують 2 складові підходу до її вирішення. По-перше, удосконалення системи гідрогеохімічного

моніторингу підземних вод на стратегічно важливих діючих водозаборах регіону в умовах інфільтрації забруднюючих речовин з поверхні та їх підтоку знизу в зонах впливу тектонічних структур.

Авторами визначені пріоритетні показники якісного складу підземних вод на водозаборах, які експлуатують БКВК, при систематичних моніторингових роботах. Рекомендовано контролювати їх вміст на базі 2 рівнів – загального (контроль всього комплексу фактичних забруднювачів у зонах впливу водозаборів) та спеціального (контроль мінералізації, Cl^- , F^- , $Fe_{заг.}$, Br^- , V^{3+} , J на ділянках перетину зон впливу потужних водозаборів із територіями у радіусі 5 км навколо гідродинамічно активних тектонічних порушень).

Відомо, що однією із головних характеристик техногенної геохімічної аномалії є її інтенсивність, яка визначається ступенем накопичення хімічного елементу у порівнянні з природним (геологічним) фоном. Тому запропоновано критерії оцінки рівнів забруднення підземних вод, що базуються на співставленні вмісту пріоритетного показника із його середнім геофонним вмістом, який був визначений авторами для вод території робіт. У разі відсутності цих даних, використовувалася ГДК елементу згідно діючих нормативів [2].

Другою складовою заходів є обґрунтування виділення перспективних ділянок для розміщення нових водозаборів з можливістю подальшого транспортування високоякісних питних вод до споживачів. Питання створення резерву вод БКВК високої питної якості у межах території досліджень взагалі не вирішувалось. Але в умовах постійного погіршення їх якості є конче актуальним.

Методичний підхід до виділення ділянок базується на представленій вище комплексній системі ранжування території за ступенем ризику забруднення підземних вод. Додатковим параметром є товщина водомістких порід цільового комплексу, яка корелюється із величиною водозбагаченості комплексу. Завдяки використанню цього показника з'являється можливість проектувати перспективні водозабори із різною потужністю.

На прикладі водозаборів Полтавської міської агломерації визначені перспективні ділянки для закладання нових водозаборів у радіусі 40 км навколо міста площею 750 км² та розраховані за допомогою балансового методу прогнозні ресурси високоякісних підземних вод БКВК у їх межах (54,5 тис. м³/добу). Зроблений висновок, що залучення даних ресурсів дозволить поступове заміщення водами високої питної якості поточного водозабезпечення міської агломерації.

Більш детально про розроблені заходи екологічно безпечного використання підземних вод описано в публікаціях авторів [5 та ін.].

Висновки. У роботі обґрунтовано концептуальний підхід до вивчення трансформації якісного складу вод БКВК на водозаборах центральної частини ДДАБ у сучасних природно-техногенних умовах. Він базується на наступному:

- на основі раціонального комплексування показників, що характеризують геологічні, еколого-гідрогеологічні та неотектонічні умови територій найбільш характерних водозаборів – встановлення та дослідження природних і техногенних факторів де-стабілізації якості вод БКВК на сучасному етапі. Визначено, що це: поточне техногенне навантаження на

ГС території, неотектонічні умови регіону, геолого-гідрогеологічні особливості ділянок;

- виявлення просторово-часових закономірностей змін хімічного складу цих вод протягом періоду активного техногенного впливу на ГС регіону (1960-2015 рр.). Встановлено основні елементи-забруднювачі досліджуваних вод, з розподілом їх на поверхневі (NH₄⁺, NO₂⁻) та глибинні (Cl⁻, Na⁺+K⁺, F⁻, Fe_{заг.}, Br⁻, V³⁺, J, а як наслідок – підвищена мінералізація вод) за генезисом;

- визначення елементів-індикаторів, які характеризують трансформацію якісного складу вод та їх простеження на потужних водозаборах території робіт. Виявлено відповідні елементи (Cl⁻, F⁻, Fe_{заг.}, Br⁻, V³⁺, J) та динаміку до збільшення їх вмісту у процесі довгострокової експлуатації на близько 20 міських водозаборах.

Практичною цінністю даного підходу є розроблені авторами заходи для стабілізації хімічного складу вод на водозаборах території робіт, що експлуатують БКВК:

- розроблено методичний підхід до прогнозування змін екологічного стану підземних вод під впливом встановлених еколого-гідрогеологічних факторів;

- запропоновано заходи екологічно безпечного використання вод на стратегічно важливих водозаборах у межах регіону. Рекомендації надано як для діючих (удосконалення системи гідрогеохімічного моніторингу підземних вод на водозаборах в умовах інфільтрації забруднюючих речовин з поверхні та їх підтоку знизу в зонах впливу тектонічних структур), так і для нових (обґрунтування виділення перспективних ділянок із високоякісними водами) водозаборів.

Література

1. *Варава К. Н., Вовк І. Ф., Негода Г. Н.* Формирование подземных вод Днепровско-Донецкого бассейна / под общ. ред. В. И. Лялько. К.: Наукова думка, 1977. 160 с.
2. Державні санітарні правила і норми «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПІН 2.2.4-171-10: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р. № 400. 45 с.
3. *Кононенко А. В., Удалов І. В.* Основні передумови зниження якості питних підземних вод крейдяних водозаборів Східної України // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна, серія «геологія-географія-екологія». 2016. Випуск 44. С. 63-70.
4. *Левониук С. М.* Вплив трансформації якісного складу питних підземних вод на здоров'я населення у межах деяких міських агломерацій Східного регіону // РЕГІОН-2019: суспільно-географічні аспекти: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців (м. Харків, квітень 2019 р.). Харків, 2019. С. 151-153.
5. *Левониук С. М.* Обґрунтування виділення перспективних ділянок для розміщення нових бучацько-канівських водозаборів у межах Східної України // Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні: матеріали Наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка (м. Київ, 14-16 травня 2019 р.). Київ, 2019. С. 135-136.
6. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга подземных вод (изучение режима химического состава подземных вод). М.: ВСЕГИНГЕО, 1985. 76 с.
7. *Огняник Н. С.* Охрана подземных вод в условиях техногенеза. К.: Вища школа, 1985. 221 с.

8. Малые артезианские бассейны Северо-Западного Донбасса / Ю. С. Бут и др. К.: Наук. думка, 1987. 200 с.
9. Удалов І. В., Левониук С. М. Еколого-гідрохімічні особливості трансформації якості питних підземних вод під впливом техногенних та неотектонічних факторів (на прикладі бучацько-канівських водозаборів Східної України) // Пошукова та екологічна геохімія. 2018. № 1 (19). С. 30-40.
10. Удалов І. В., Левониук С. М. Комплексна геоекологічна оцінка захищеності питних підземних вод // Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки». 2018. Випуск 2 (33). С. 111-133.
11. Чомко Д. Ф. Закономірності формування підземних вод на ділянках водозаборів Придонців'я: Автореф. дис. канд. геол. наук [04.00.06 – гідрогеологія]. Київ, 2001. 16 с.
12. Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины / В. М. Шестопалов и др. К.: Наукова думка, 1979. 216 с.
13. Яковлев В. В. Закономірність формування сольового складу природних вод зони активного водообміну України // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна, серія «геологія-географія-екологія». 2015. № 43. С. 93-100.
14. Яковлев В. В., Кононенко А. В. Обгрунтування раціонального розміщення нових водозаборів в мергельно-крейдяному водонесному горизонті на території Східної України // Hungarian scientific journal (electronic version of the journal). 2018. № 23. С. 8-14.
15. Яковлев Е. А., Юркова Н. А., Сляднев В. А. Методология оценки экологического состояния подземных вод // Экология и ресурсосбережение. 2001. № 3. С. 56-59.
16. Udalov I. V., Levoniuk S. M., Nimets N. M. Role of technogenic component in processes of groundwater composition transformation at buchak-kaniv water intakes in Eastern Ukraine (on example of F content) // Eastern European Scientific Journal (Gesellschaftswissenschaften). 2019. № 2. P. 86-93.

References

1. Varava, K. N., Vovk, I. F., Negoda, G. N. (1977), *Formirovanie podzemnykh vod Dneprovsko-Donetskogo basseyna*, Naukova dumka, Kyiv, UA, 160 p.
2. *Derzhavni sanitarni pravyla i normy «Gigiyenichni vymogy do vody pytnoyi, pryznachenoї dlya spozhyvannya lyudynoyu»*: DSanPiN 2.2.4-171-10, Ministerstvo oхorony zdorovya Ukrainy, No. 400, Kyiv, UA, 45 p.
3. Kononenko, A. V., Udalov, I. V. (2016), *Osnovni peredumovy znyzhennya yakosti pytnykh pidzemnykh vod krejdyanykh vodozaboriv Sxidnoyi Ukrainy*, Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology-Geography-Ecology", No. 44, Kharkiv, UA, pp. 63-70.
4. Levonyuk, S. M. (2019), *Vplyv transformaciyi yakisnogo skladu pytnykh pidzemnykh vod na zdorovya naseleння u mezhax deyakyx miskyyx aglomeracij Sxidnogo regionu*, REGION-2019: socio-geographical aspects: materials of the International Scientific and Practical Confer-

ence of students, graduate students and young scientists, Kharkiv, UA, pp. 151-153.

5. Levonyuk, S. M. (2019), *Obgruntuvannya vydilennya perspektynykh dilyanok dlya rozmishhennya novyx buchaczko-kanivskyyx vodozaboriv u mezhax Sxidnoyi Ukrainy*, Achievements and prospects of development of geological science in Ukraine: materials of the Scientific conference dedicated to the 50th anniversary of the Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation named M. P. Semenenko, Kyiv, UA, pp. 135-136.
6. *Metodicheskie rekomendatsii po organizatsii i vedeniyu monitoringa podzemnykh vod (izuchenie rezhima khimicheskogo sostava podzemnykh vod)*, VSYeGINGYeO, Moscow, UA, 76 p.
7. Ognyanik, N. S. (1985), *Okhrana podzemnykh vod v usloviyakh tekhnogeneza*, Vishcha shkola, Kyiv, UA, 221 p.
8. Reshetov, I. K., But, Yu. S., Drobnokhod, N. I. et al. (1987), *Malye artezijskie basseyny Severo-Zapadnogo Donbassa*, Naukova dumka, Kyiv, UA, 200 p.
9. Udalov, I. V., Levonyuk, S. M. (2018), *Ekologo-gidroximichni osoblyvosti transformaciyi yakosti pytnykh pidzemnykh vod pid vplyvom tehnogenynykh ta неотектоничних факторів (на прикладі бучацько-канівських водозаборів Східної України)*, Search and ecological geochemistry, No. 1 (19), Kyiv, UA, pp. 30-40.
10. Udalov, I. V., Levonyuk, S. M. (2018), *Kompleksna geoekologichna ocinka zaxyshhenosti pytnykh pidzemnykh vod*, Bulletin of Odessa National University. Series: Geographical and geological sciences, No. 2 (33), Odessa, UA, pp. 111-133.
11. Chomko, D. F. (2001), *Zakonomirnosti formuvannya pidzemnykh vod na dilyankax vodozaboriv Prydoncivya*, PhD (Geology) abstract of dissertation [04.00.06 – Hydrogeology], Kyiv, UA, 16 p.
12. Shestopalov, V. M., Babinets, A. Ye., Borevskiy, B. V. et al. (1979), *Formirovanie ekspluatatsionnykh resursov podzemnykh vod platformennykh struktur Ukrainy*, Naukova dumka, Kyiv, UA, 216 p.
13. Yakovlyev, V. V. (2015), *Zakonomirnist formuvannya soliovogo skladu pryrodnykh vod zony aktyvnoho vodoobminu Ukrainy*, Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology-Geography-Ecology", No. 43, Kharkiv, UA, pp. 93-100.
14. Yakovlyev, V. V., Kononenko, A. V. (2018), *Obgruntuvannya racionalnogo rozmishhennya novyx vodozaboriv v mergelno-krejdyanomu vodonosnomu goryzontі na terytoriyi Sxidnoyi Ukrainy*, Hungarian scientific journal (electronic version of the journal), No. 23, Budapest, HU, pp. 8-14.
15. Yakovlev, Ye. A., Yurkova, N. A., Slyadnev, V. A. (2001), *Metodologiya otsenki ekologicheskogo sostoyaniya podzemnykh vod*, Ecology and Resource Saving, No. 3, Kyiv, UA, pp. 56-59.
16. Udalov, I. V., Levoniuk, S. M., Nimets, N. M. (2019), *Role of technogenic component in processes of groundwater composition transformation at buchak-kaniv water intakes in Eastern Ukraine (on example of F content)*, Eastern European Scientific Journal (Gesellschaftswissenschaften), No. 2, Auris Verlag, Düsseldorf, GE, pp. 86-93.

ТРАНСФОРМАЦИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДДАБ

Удалов И. В., д. геол. н., доцент, зав. кафедры гидрогеологии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина, <https://orcid.org/0000-0003-3844-6481>, igorudalov8@gmail.com

Левониук С. М., научный сотрудник Украинского научно-исследовательского института природных газов, <https://orcid.org/0000-0002-4073-8152>, sergii.levonyuk@gmail.com

В статье предложен современный концептуальный подход к изучению эколого-гидрогеологической трансформации качественного состава питьевых подземных вод бучацько-каневського водонесного комплексу центральної частини Дніпровсько-Донецького артезианського басейна в текучих природно-техногенних умовах. Проведено раціональне комплексирование показателів, які характеризують геологічні, еколого-гідрологічні та неотектонічні умови даної території. На базі цього установлені та досліджені природні та техногенні фактори ухвалення якості вод цільового комплексу на сучасному етапі. Виявлені просторово-часові закономірності змін хімічного складу досліджуваних вод на протязі періоду активного комплексного техногенного впливу на геологічну середовище регіону (1960-2015 гг.). Установлені основні елементи-забруднювачі цих вод, з розподілом їх на глибокі та поверхні за генезисом. Определены элементы-индикаторы, которые характеризуют трансформацию качественного состава подземных вод. Прослежена динамика к увеличению их содержания в процессе долгосрочной эксплуатации на приблизительно 20 мощных городских водозаборах территории исследований. На основании данного подхода разработаны мероприятия для стабилизации химического состава вод на водозаборах в пределах данной территории, которые эксплуатируют бучацько-каневський водонесний комплекс. Обоснован методический подход к прогнозированию изменений экологического состояния подземных вод под влиянием стандартных эколого-гидрогеологических факторов. Предложены мероприятия экологически безопасного использования подземных вод на стратегически важных водозаборах в пределах региона. Даны рекомендации как для действующих, так и для перспективных водозаборов.

Ключевые слова: концептуальный подход, дестабилизация качества подземных вод, пространственно-временные закономерности, элементы-индикаторы, водозаборы на бучакско-каневский водоносный комплекс.

THE TRANSFORMATION OF QUALITATIVE COMPOSITION OF DRINKING GROUNDWATER IN THE CENTRAL PART OF DDAB

Udalov I. V., Doctor of Sciences (Geology), Associate Professor, Head of Department, V. N. Karazin Kharkiv National University, <https://orcid.org/0000-0003-3844-6481>, igorudalov8@gmail.com

Levoniuk S. M., Researcher, Ukrainian Research Institute for Natural Gases, <https://orcid.org/0000-0002-4073-8152>, sergii.levonyuk@gmail.com

A modern conceptual approach to a study of the ecological and hydrogeological transformation of qualitative composition of drinking groundwater of buchak-kaniv aquifer in the central part of Dnipro-Donetsk artesian basin in the current natural-technogenic conditions has been proposed in the article. A rational unification of the indicators that characterize geological, ecological-hydrogeological and neotectonic conditions of territory has been done. According to these conditions – natural and technogenic factors of the water quality deterioration of target aquifer have been identified and investigated at the present stage. The spatio-temporal patterns of changes in the chemical composition of studied waters during the period of active complex technogenic influence on the geological environment of region (1960-2015) have been revealed. The main pollutant elements of these waters have been established, with their distribution at depth and surface by genesis. The elements-indicators of qualitative composition transformation of groundwater have been determined. The authors have traced the dynamics to increasing in its content during long-term exploitation at about 20 powerful urban water intakes within the work area. According to this approach, measures for the stabilization of waters chemical composition at buchak-kaniv water intakes of the research area have been developed. The authors justified a methodical approach to the prediction of groundwater ecological condition changes under the influence of established ecological and hydrogeological factors. The measures of eco-friendly groundwater management at strategically important water intakes within the region have been proposed. Recommendations have been given for both existing and prospective water intakes.

Keywords: conceptual approach, destabilization of groundwater quality, spatio-temporal patterns, elements-indicators, buchak-kaniv water intakes.