

ГІДРОГЕОХІМІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ФЛЮІДОПРОВІДНОСТІ ТЕКТОНІЧНИХ ПОРУШЕНЬ

¹С. М. Левонюк, ²І. М. Фик

¹Український науково-дослідний інститут природних газів;
61010, м. Харків, наб. Гімназійна, 20, тел. (057) 7304602, e-mail: sergii.levonyuk@gmail.com

²НТУ «ХПІ»; 61002, м. Харків, вул. Курпичова, 2, тел. (057) 7076634,
e-mail: fykiliya107@gmail.com

У роботі отримало подальший розвиток вивчення механізму міграції глибинних флюїдів крізь тектонічні порушення до вищезалеганих відкладів для цілей як оптимізації видобутку вуглеводнів на виснажених газоконденсатних родовищах, так і екологічно безпечного використання питних підземних вод зони активного водообміну. Це є дуже актуальним наразі, особливо з огляду на виявлення флюїдопровідних тектонічних порушень на газоконденсатних родовищах Дніпровсько-Донецької западини пізньої стадії експлуатації. Авторами розглядають цю тему з двох діаметрально різних ракурсів. По-перше, міграція вуглеводневих газів тектонічними порушеннями до вищезалеганих покладів нафти і газу, що розробляються. Рядом дослідників обґрунтовується можливість відновлення запасів на старих виснажених газоконденсатних родовищах за рахунок перетікання газу з глибоких горизонтів. По-друге, міграція глибинних некондиційних для питних цілей вод крізь тектонічні порушення до зони активного водообміну у межах крупних водозаборів. Авторами та рядом інших науковців встановлено факти значної трансформації хімічного складу питних підземних вод на території вразливості цих вод до забруднення глибинними високомінералізованими водами. Запропонований у роботі гідрогеохімічний підхід є одним із інструментів для вирішення даних питань за рахунок локалізації зон міграції глибинних флюїдів до вищезалеганих водоносних комплексів. Апробовано даний підхід на прикладі мережі водозаборів Полтавської міської агломерації, яка є стратегічно важливою для Східної України. Авторами запропоновано провести спеціальні еколого-гідрогеологічні дослідження згідно наведеного у роботі методичного підходу на Шебелінському газоконденсатному родовищі, так як навколо питання відновлення його запасів уже багато років точаться наукові дискусії. Це допоможе забезпечити в майбутньому ефективне розміщення нових свердловин в зонах перетікання глибинного газу.

Ключові слова: методичний підхід, підземні води, якісний склад, видобуток газу, відновлення запасів, гідрогеохімічні показники, виснажене родовище.

In the paper, the study of deep fluids migration mechanism through tectonic faults to the overlying sediments for the purposes of both optimizing hydrocarbon production at depleted gas condensate fields and environmentally safe use of drinking groundwater in the zone of active water exchange has received further development. It is very relevant at the moment, especially from the perspective of detecting fluid-conducting tectonic faults at gas condensate fields of the Dnipro-Donetsk depression at the late stage of exploitation. The authors consider this topic from two diametrically different perspectives. First, the migration of hydrocarbon gases along tectonic faults to the overlying oil and gas deposits that are being developed. A number of researchers substantiate the possibility of restoring reserves at old depleted gas condensate fields due to gas flows from deep horizons. Second, the migration of deep waters unsuitable for drinking purposes through tectonic faults to the zone of active water exchange within large water intakes. The authors and a number of other scientists established the facts of the significant transformation of drinking groundwater chemical composition in the areas of these waters vulnerability to contamination by deep, highly mineralized waters. The hydrogeochemical approach proposed in the article is one of the tools for solving these issues due to the localization of deep fluids migration zones to the overlying aquifers. In the paper, the approbation of this approach has been carried out on the example of the water intake network of Poltava urban agglomeration, which is strategically important for Eastern Ukraine. The authors have proposed to conduct special ecological and hydrogeological studies according to the methodical approach presented in the article at Shebelynske gas condensate field since scientific discussions have been going on for many years around the issue of restoring its reserves. This will help to ensure the efficient placement of new wells in deep gas flow zones in the future.

Key words: methodical approach, groundwater, qualitative composition, gas production, recovery of reserves, hydrogeochemical indicators, depleted field.

Вступ

У статті отримало подальший розвиток вивчення механізму міграції глибинних флюїдів крізь розривні тектонічні порушення. Ця тема є актуальною та розглядається в роботі з метою виявлення флюїдопровідних тектонічних порушень на газоконденсатних родовищах Дніпровсько-Донецької западини пізньої стадії експлуатації.

Розроблений гідрогеохімічний підхід базується на механізмі міграції глибинних високомінералізованих вод крізь тектонічні порушення, пов'язані із соляними діапірами, до зони активного водообміну у межах крупних водозаборів Східної України. Нами та рядом інших науковців встановлено факти значної трансформації хімічного складу питних підземних вод на територіях вразливості питних підземних вод до забруднення глибинними некондиційними водами [3, 9-11, 24 та ін.].

Вищенаведений процес також супроводжується міграцією вуглеводневих газів тектонічними порушеннями до вищезалягаючих покладів газоконденсатних родовищ, що розробляються. Рядом дослідників обґрунтовується можливість відновлення запасів на старих виснажених газоконденсатних родовищах за рахунок перетікання газу з глибоких горизонтів унаслідок зміни баричних умов експлуатації цих родовищ [1, 2, 8, 12, 16, 17, 19 та ін.].

Запропонований нами підхід є одним із інструментів для вирішення даних питань за рахунок локалізації зон міграції глибинних флюїдів до вищезалягаючих водоносних комплексів. Даний підхід апробовано на прикладі мережі водозаборів Полтавської міської агломерації, яка є стратегічно важливою для Східної України. А також запропоновано його використання для Шебелинського газоконденсатного родовища.

Аналіз попередніх вітчизняних та закордонних досліджень і публікацій

Питаннями, пов'язаними із вивченням змін хімічного складу питних підземних вод за рахунок підтікання глибинних некондиційних вод, а також визначення шляхів міграції цих вод, у різний час та різних регіонах світу займалося багато науковців. Серед робіт останніх років виділяються дослідження вітчизняних – Суярко В. Г., Решетов І. К., Кухар М. В., Сердюкова О. О., Прибилова В. М., Яковлев В. В., Удалов І. В., Кононенко А. В. та ін. [3, 6, 9-11, 15, 24 та ін.] та закордонних науковців – N. Aksoy, A. Zaporozec, J. L. Nieber, O. Schmoll, G. Howard, J. Chilton, I. Chorus та ін. [21-23, 25

та ін.]. Відповідно до викладеного у цих працях, на деяких крупних водозаборах наявний процес підтікання підземних вод глибинного генезису крізь розривні тектонічні порушення, пов'язані, в основному, із соляними діапірами. Також був зроблений висновок про наявність активного зв'язку між даним процесом та інтенсифікацією водовідбору на водозаборах, розширення їх мережі та суттєвою зміною гідродинамічних умов їх експлуатації.

Останнім часом в опублікованих дослідженнях у різних частинах світу все частіше наводяться обґрунтування можливості відновлення запасів газу на старих виснажених газоконденсатних родовищах за рахунок перетікання з глибоких горизонтів [1, 2, 8, 12, 16, 17, 19 та ін.].

В роботі Рудька Г. І. та інших [2] наведено матеріали сучасних концепцій формування вуглеводневих покладів, в основу яких покладено такий основний чинник, як дегазація Землі.

В роботі [12] академік Лукін О. Ю. висловив думку, що глибокозалягаючі газоконденсатні родовища перебувають в процесі постійного формування, причому в такому темпі, який зіставляється з темпами інтенсивного видобутку газу. Виходячи із вищенаведеного, можна припустити, що ймовірними територіями дегазації Землі можуть бути нафтогазоконденсатні родовища, а їх виснаження зумовлює збільшення градієнтів тисків між покладами з пониженими пластовими тисками та глибокими горизонтами.

У ряді робіт [4, 5, 8, 13, 16, 17] досліджувалося питання можливого відновлення запасів газу на Шебелинському газоконденсатному родовищі за рахунок його міграції тектонічними порушеннями із глибоких горизонтів. Ці дослідження охоплювали багато аспектів (аналіз розробки та експлуатації покладів, геотермічні, геобаричні, гідрогеохімічні дослідження), але ефективного методичного прийому для локалізації зон міграції глибинних флюїдів до вищезалягаючих покладів так і не було запропоновано.

Результати дослідження та їх обговорення

Питні підземні води бучацько-канівського водоносного комплексу (БКВК) залягають у межах майже усієї Дніпровсько-Донецької западини, маючи найбільші ресурси у межах її центральної частини. Дані підземні води відзначалися стабільним хімічним складом. Нами у попередніх роботах [10, 11, 24 та деякі ін.] досліджено сучасний екологічний стан вод БКВК на прикладі потужних водозаборів Полтавської та Харківської областей у містах Пол-

Таблиця 1 – Зміна хімічного складу підземних вод БКВК на водозаборах м. Полтава

Період часу, рр.	Усереднена формула Курлова складу підземних вод	
	водозабори на сході міста (вплив Полтавського соляного діяпіру)	водозабори інших ділянок міста
1978-1983	$M0,98 \frac{Cl^{50} HCO_3^{-} 36 SO_4^{2-} 14}{Na^{+} + K^{+} 70 Ca^{2+} 15 Mg^{2+} 15}$	$M0,6 \frac{HCO_3^{-} 49 Cl^{-} 36 SO_4^{2-} 15}{Na^{+} + K^{+} 52 Ca^{2+} 28 Mg^{2+} 20}$
2005-2020	$M1,37 \frac{Cl^{65} HCO_3^{-} 25 SO_4^{2-} 10}{Na^{+} + K^{+} 86 Ca^{2+} 8 Mg^{2+} 6}$	$M0,9 \frac{HCO_3^{-} 41 Cl^{-} 41 SO_4^{2-} 18}{Na^{+} + K^{+} 66 Ca^{2+} 19 Mg^{2+} 15}$

Таблиця 2 – Дані гідрогеохімічних спостережень на водозаборах м. Полтава

Роки спостережень	Мінералізація, мг/дм ³		Cl ⁻ , 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
1978-1983	980	500-770	397	150-275	2,7	2,2-2,9	0,65	0,23-0,76
2005-2020	1390	667-1050	520	188-316	6,5	3,1-3,6	1,2	0,66-1,12

тава, Лубни, Хорол, Карлівка, Красноград, Решетилівка. Характерним для цих урбанізованих територій є суттєвий техногенний пресинг на підземні води та складна тектонічна будова разом із сучасною геодинамічною активністю земної кори.

Ділянки розташування даних водозаборів відзначаються подібністю геологічних, еколого-гідрогеологічних та тектонічних умов, а саме:

- тектонічні умови цих територій: знаходження у межах ділянок сучасного впливу водозаборів соляних діяпірів та пов'язаних з ними розривних тектонічних порушень; значна сучасна геодинамічна активність земної кори, як фактор впливу на гідрогеоміграційні процеси у межах тектонічних порушень (сумарні амплітуди неоген-четвертинних рухів земної кори тут складають більше 140 м);

- геолого-гідрогеологічні особливості регіону: різке зменшення потужності та збільшення тріщинуватості мергельно-крейдової товщі, яка відділяє води БКВК від глибоко залягаючих товщ, у напрямку соляних діяпірів; як наслідок – збільшення гідравлічного зв'язку БКВК із нижчезалягаючими підземними водами за рахунок інтенсифікації водовідбору;

- поточне техногенне навантаження на геологічне середовище території: інтенсифікація водовідбору підземних вод; зміни гідродинамічних умов експлуатаційних водоносних комплексів за рахунок збільшення мережі водозаборів; утворення регіональних депресійних ліжок експлуатаційних водоносних комплексів, накладання яких створює синергетичний ефект.

Для проведення досліджень авторами було обрано одну типову ділянку – територію розташування водозаборів Полтавської міської аг-

ломерації, які експлуатують БКВК, та тектонічних порушень, пов'язаних із Полтавським соляним діяпіром (східна околиця м. Полтава) (рис. 1). Також у межах даної території, на схід від міста, розташоване діюче Копилівське газоконденсатне родовище.

Згідно з проведеними попередніми роботами [10, 11, 24] нами систематизовано усі елементи-забруднювачі підземних вод БКВК у межах регіону та виділено елементи саме глибинного генезису (загальна мінералізація, Cl⁻, F⁻, Br⁻, B³⁺, J⁻), які вказують на надходження глибинних флюїдів до цільового водоносного комплексу.

Відповідно до результатів гідрогеохімічних досліджень встановлено загальну тенденцію у складі вод БКВК – збільшення вмісту елементів-індикаторів глибинного генезису у бік східної околиці міста (табл. 1, 2). Саме тут залягає Полтавський соляний діяпір, у покрівлі якого встановлено розривні тектонічні порушення. Також за рахунок геоструктурних факторів у цій зоні спостерігається різке зменшення потужності та збільшення тріщинуватості мергельно-крейдового водотриву у підшві цільового комплексу, як наслідок – підвищений гідравлічний зв'язок БКВК із нижчезалягаючими підземними водами на цій ділянці (рис. 2).

Відповідно до результатів гідрогеохімічних досліджень встановлено загальну тенденцію у складі вод БКВК – збільшення вмісту елементів-індикаторів глибинного генезису у бік східної околиці міста (табл. 1, 2). Саме тут залягає Полтавський соляний діяпір, у покрівлі якого встановлено розривні тектонічні порушення. Також за рахунок геоструктурних факторів у цій зоні спостерігається різке зменшення

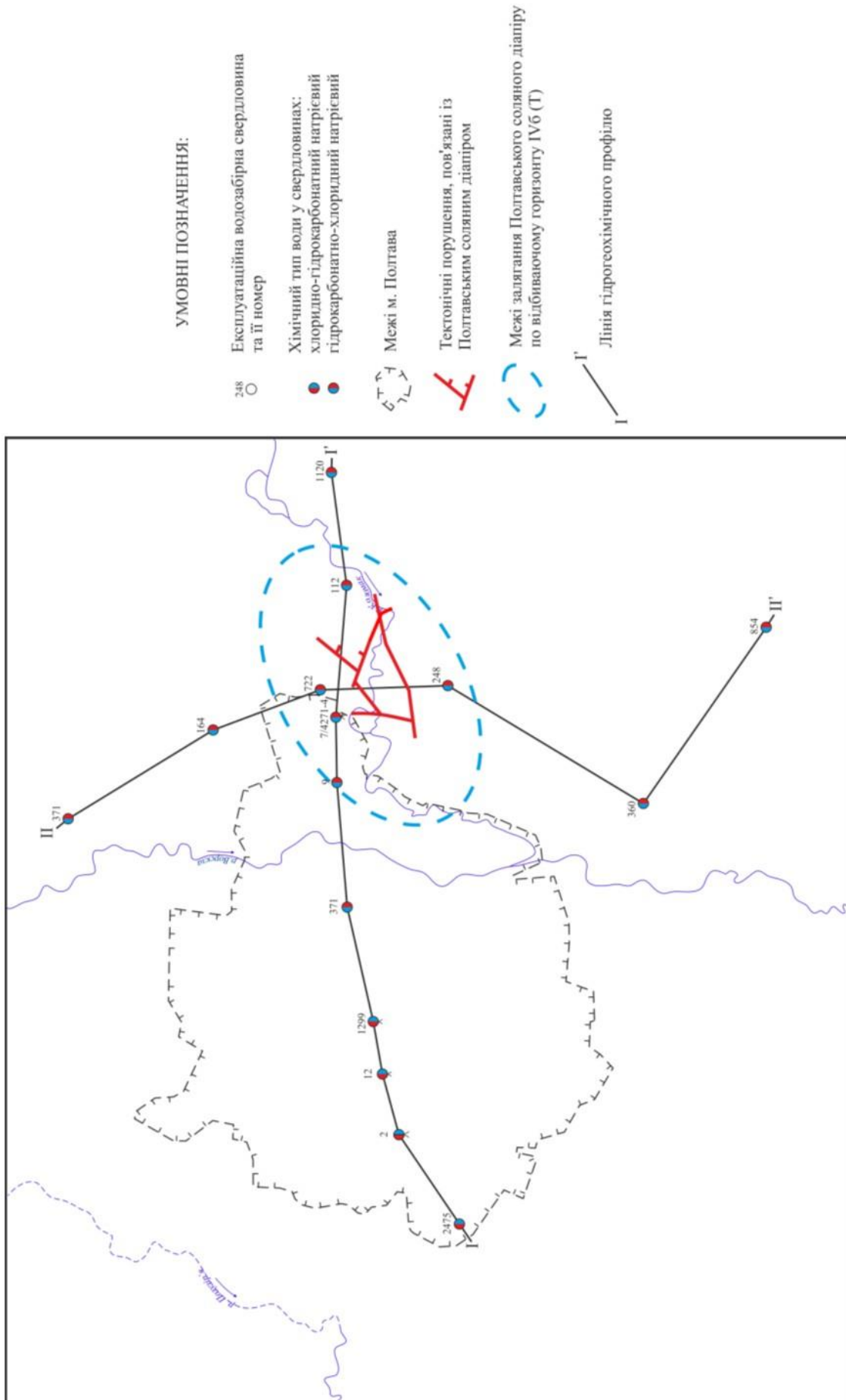


Рисунок 1 – Оглядова карта-схема територій досліджень із лініями гідрогеохімічного профілю

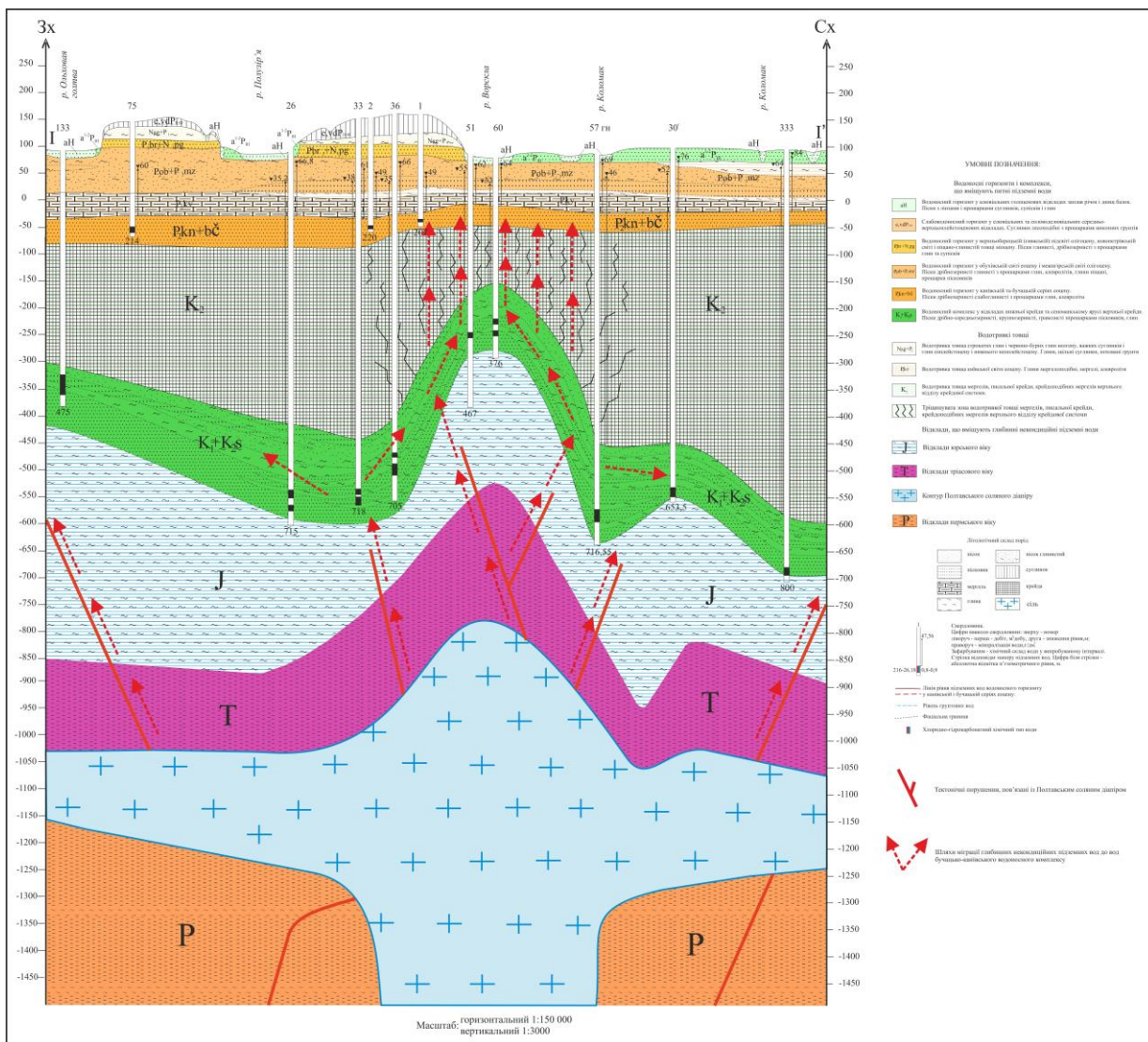


Рисунок 2 – Схема механізму перетікання глибинних підземних вод тектонічними порушеннями до вод зони активного водообміну на водозаборах м. Полтава

потужності та збільшення тріщинуватості мергельно-крейдового водотриву у підшві цільового комплексу, як наслідок, – підвищений гідравлічний зв'язок БКВК із нижчезалегаючими підземними водами на цій ділянці (рис. 2).

У межах території робіт виникло «накладання» двох факторів - техногенного (інтенсифікація водовідбору на водозаборах міста та розширення їх мережі) та природного (міграція глибинних високомінералізованих вод крізь тектонічні порушення та тріщинувату зону мергельно-крейдового водотриву до питних підземних вод зони активного водообміну). Причому саме активізація техногенезу спричинила міграцію глибинних вод. Оскільки зі значним збільшенням відбору питних вод із експлуатаційних водоносних комплексів (у піковий період – 1976-1995 рр. – цей показник досягав 187 тис. м³/добу) сформувалися депресійні лійки зі значними складовими висхідного живлення в дані

комплекси. Саме утворення градієнтів тисків між цими та нижчезалегаючими водоносними комплексами активувало природні гідрогеоміграційні процеси крізь тектонічні порушення.

Було побудовано графік залежності коефіцієнту кореляції між гідрогеохімічними показниками глибинного генезису (загальна мінералізація, Cl⁻, F⁻, Br⁻, B³⁺, J) та загальним водовідбором від відстані від центральної частини Полтавського соляного діяпіру та пов'язаних із ним тектонічних порушень (рис. 3).

Розрахунки проводилися за допомогою коефіцієнту кореляції Пірсона. Формула для розрахунку наступна:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

де x_i – значення водовідбору, тис. м³/добу;
 y_i – значення вмісту досліджуваного компонента, мг/дм³;

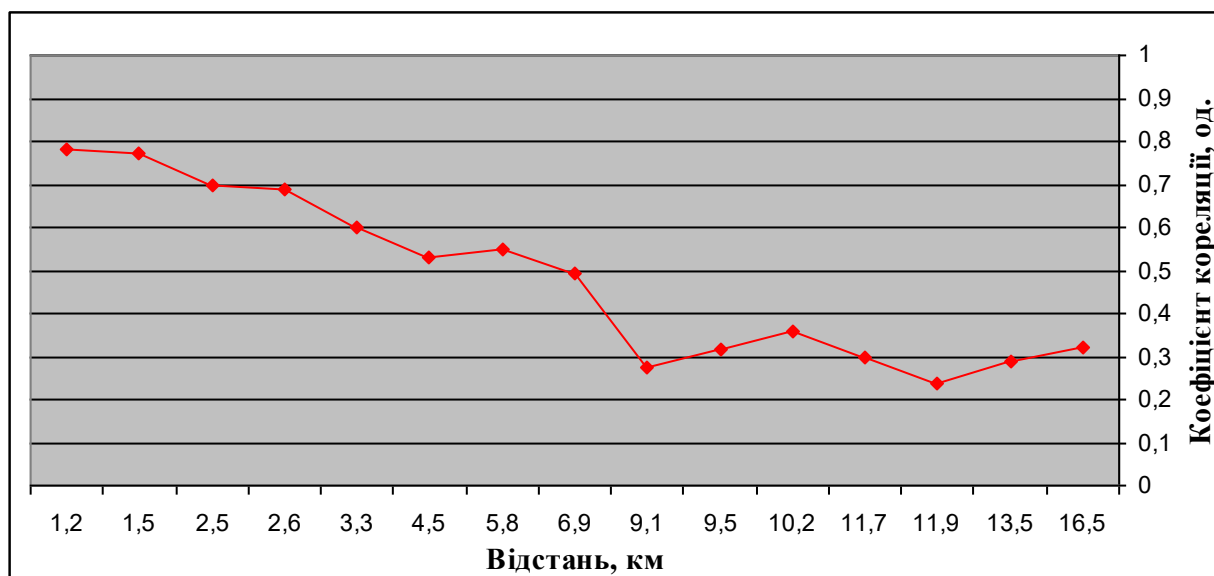


Рисунок 3 – Графік залежності коефіцієнту кореляції між гідрогеохімічними показниками глибинного генезису (загальна мінералізація, Cl, F⁻, Br⁻, B³⁺, J) та загальним водовідбором від відстані від центральної частини Полтавського соляного діапіру та пов'язаних із ним тектонічних порушень

\bar{x} – середнє арифметичне для значення водовідбору, тис. м³/добу;

\bar{y} – середнє арифметичне для вмісту досліджуваного компоненту, мг/дм³.

Встановлено, що:

- 1) на відстані до 2,5 км спостерігається висока позитивна кореляція між цими показниками (коефіцієнти кореляції Пірсона 0,70-0,80);
- 2) до 7 км – середня (0,50-0,70);
- 3) більше 7 км – слабка позитивна кореляція (0,25-0,40).

Це є ще одним підтвердженням наявності міграції глибинних флюїдів крізь тектонічні порушення у вищезалігаючі відклади.

За думкою авторів, приклад висхідної міграції вуглеводнів по тектонічних порушеннях можна спостерігати на Шебелинському газоконденсатному родовищі, яке віднесено до крупної брахіантиклінальної складки та буквально «посічене» диз'юнктивними тектонічними порушеннями. За останні роки на родовищі спостерігається поступова стабілізація видобутку, що не є характерним для газового режиму експлуатації.

В свою чергу, у попередніх роботах [17 та ін.] автори припускають, що режим розробки Шебелинського родовища залишається газовим і зазначають, що обводнення родовища має слабкий локальний характер та не здатне забезпечити підтримання тиску на тому рівні, на якому воно спостерігається. При цьому темпи заводнення родовища з роками спадають з причини виснаження водонапірної системи та

впливу капілярних сил, що протидіють обводненню. Також автори у цих роботах наводять приклади досліджень аномалій на Шебелинському родовищі в зонах тектонічних порушень, що свідчать про можливість перетікання.

Відповідно до роботи [13], існують субгоризонтальні природні дренажні системи переважно тріщинної природи, які забезпечують залучення до розробки слабо проникних колекторів в міру зниження пластового тиску в покладі. Автором роботи було вирішено проаналізувати наявні матеріали з метою виявлення зони підживлення. Автор вказує на збільшені дебіти свердловин у зонах, що включають тектонічні порушення.

В роботі [5] автори навели та проаналізували приклади температурних аномалій на Шебелинському газоконденсатному родовищі у зоні тектонічних порушень. За результатами аналізу розподілу температур з глибиною та характеру їх зміни було зроблено висновок, що причиною аномалії може бути рух флюїдів.

В роботі [4] автори вказують на аномальний склад газу розчиненого у воді, не характерний для глибин, з яких була взята проба.

У роботі [8] показано схеми формування Шебелинського родовища та шляхи перетікання газу із глибокозалагаючих горизонтів у покладі, що розробляються.

Враховуючи широкий спектр диз'юнктивних тектонічних порушень у межах родовища, автори цієї статті вважають, що наведений у роботі гідрогеохімічний підхід може

виділити ті порушення, які є провідниками флюїдів, в тому числі і газу із нижніх горизонтів, та рекомендують провести відповідні еколого-гідрогеологічні дослідження на водозаборах у межах Шебелинського родовища.

Висновки

У статті отримало подальший розвиток вивчення механізму міграції глибинних флюїдів крізь розривні тектонічні порушення до вищезалягаючих відкладів. Це питання розглянуто з двох діаметрально протилежних ракурсів:

- виявлення флюїдопровідних тектонічних порушень на газоконденсатних родовищах пізньої стадії експлуатації для оптимізації видобутку вуглеводнів;

- дослідження змін якісного складу питних підземних вод для їх екологічно безпечного використання.

Нами запропоновано гідрогеохімічний підхід до локалізації зон міграції глибинних флюїдів до вищезалягаючих водоносних комплексів. У роботі проведено апробацію даного підходу на прикладі мережі водозаборів Полтавської міської агломерації, яка є стратегічно важливою для Східної України.

Авторами запропоновано провести спеціальні еколого-гідрогеологічні дослідження, згідно наведеного у роботі методичного підходу, на Шебелинському газоконденсатному родовищі, що допоможе забезпечити в майбутньому ефективне розміщення нових свердловин в зонах перетікання глибинного газу.

Література

1. Вдовиченко А. І., Коваль А. М., Чепіль П. М. Проблеми нагромадження запасів і видобутку нафти і газу в Україні за рахунок їх відновлення. *Нафта і газ. Наука–Освіта–Виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку*: матеріали Всеукраїнської наук.-техніч. конф., 10-11 березня 2016 р., Дрогобич, 2016. 174 с.

2. Енергетичні ресурси геологічного родовища України (стан та перспективи): у 2-х т. Т.2 / Г. І. Рудько, О. І. Бондар, В. І. Ловинюков [та ін.]; за ред. Г. І. Рудька. Чернівці: Букрек, 2014. 520 с.

3. Жовинский Э. Я. Геохимия фтора в осадочных формациях юго-запада Восточно-Европейской платформы. К.: Наукова думка, 1979. 200 с.

4. Застежко Ю. С., Тердовидов А. С., Терещенко В. А. Гидрогеологическая и гидрогеохимическая характеристика Шебелинского га-

зового месторождения. *Вопросы развития газовой промышленности Украинской ССР*. 1963. С. 68-81.

5. Застежко Ю. С., Лурье А. И. Некоторые особенности геотермических условий Шебелинского газового месторождения. *Нефтяная и газовая промышленность*. 1965. № 3 (23). С. 8-11.

6. Кононенко А. В. Основні передумови зниження якості питних підземних вод крейдяних водозаборів Східної України. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна, серія «геологія-географія-екологія»*. 2016. Вип. 44. С. 63-70.

7. Кривуля С. В., Терещенко В. О. Особливості геологічної будови, нагромадження запасів та розробка великих родовищ у відкладах Р₁-С₃ в ДДЗ на прикладі Шебелинського газоконденсатного родовища. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна, серія «геологія-географія-екологія»*. 2012. № 1033. С. 15-82.

8. Кухар М. В., Крюченко Н. О. Гідрогеохімічні критерії міграції підземних вод Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2013. № 1 (13). С. 30–33.

9. Левонюк С. М., Удалов І. В. 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. Левонюк С. М., Кнюпа А. С., Фик І. М. Методичний підхід до визначення флюїдопровідності розривних тектонічних порушень за гідрогеохімічними показниками якісного складу питних підземних вод. *Нафтогазова галузь України*. 2021. № 1 (49). С. 5–11.

11. Удалов І. В., Левонюк С. М. Трансформація якісного складу питних підземних вод центральної частини ДДАБ. *Геохімія техногенезу*. 2019. Вип. 2 (30). С. 46–55.

12. Лукін О. Ю. Забезпечення України власним природним газом: проблемні аспекти (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 2 липня 2014 року). *Вісник Національної академії наук України*. 2014. № 9. С.16-22.

13. Ментух І.О. Геологічні основи перспективи розробки Шебелинського родовища. *Геологія нафти і газу* : матеріали міжвузовської науково-практичної конференції студентів та аспірантів, 16-17 травня 2017 р., Харків, 2017. 98 с.

14. Суярко В. Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авла-

- когена. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2006. 225 с.
15. Фесенко Ю. Л., Волосник Є. О., Фик І. М. Стан і перспективи розробки Шебелинського газоконденсатного родовища. *Нафтова і газова промисловість*. 2009. № 5-6. С. 24-28.
 16. Фик І. М., Фик М. І., Фик І. М. Перспективи довгострокової розробки Шебелинського газоконденсатного родовища в умовах відновлення запасів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2019. Вип. 50. С. 63-76.
 17. Юсупова Л. Ф., Гуторов А. Ю. К вопросу об источниках происхождения и путях миграции нефти при формировании месторождений на территории республики Татарстан. Материалы 38-й научно-технической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов: в 3 томах, 2011, Уфа. Т. 2. 279 с.
 18. Aksoy N., Şimşek C., Gunduz O. Groundwater contamination mechanism in a geothermal field: A case study of Balçova, Turkey. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2009. Vol. 103, iss. 1-2. P. 13–28.
 19. Nieber J. L. The relation of preferential flow to water quality, and its theoretical and experimental quantification. *Preferential Flow. Water Management and Chemical Transport in the Environment* : Proceedings of the 2nd International Symposium, January 3-5, 2001, Honolulu, USA, 2001. P. 1–9.
 20. Schmoll O., Howard G., Chilton J., Chorus I. Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources. London : IWA Publishing, 2006. 697 p.
 21. Udalov I. V., Levoniuk S. M., Samoilov V. V. The ecological and hydrogeological factors of destabilization of drinking groundwater quality within Eastern Ukraine and the measures for its environmentally safe use. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* : materials of XIII International Scientific Conference, 12-15 November 2019, Ukraine, Kyiv, 2019. P. 1–5.
 22. Zaporozec A. Groundwater Contamination Inventory. IHP-VI, Series on groundwater, No 2. UNESCO, 2002.
- References**
1. Vdovychenko A. I., Koval A. M., Chepil P. M. Problemy naroshchuvannya zapasiv i vydobutku nafty i hazu v Ukraini za rakhunok yikh vidnovlennia. *Nafta i haz. Nauka–Osvita–Vyrobnytstvo: shliakhy intehratsii ta innovatsiinoho rozvytku: materialy Vseukrainskoi nauk.-tekhnich. konf.*, 10-11 bereznia 2016 r., Drohobych, 2016. 174 p. [in Ukrainian]
 2. Enerhetychni resursy heolohichnoho seredovyscha Ukrainy (stan ta perspektyvy): u 2-kh t. T.2 / H. I. Rudko, O. I. Bondar, V. I. Lovyniukov [ta in.]; za red. H. I. Rudka. Chernivtsi: Bukrek, 2014. 520 p. [in Ukrainian]
 3. Zhovinskiy E. Ya. Geohimiya ftora v osadochnykh formatsiyah yugo-zapada Vostochno-Evropeyskoy platformy. K.: Naukova dumka, 1979. 200 p. [in Russian]
 4. Zastezhko Yu. S., Terdovidov A. S., Tereshchenko V. A. Hidrogeologicheskaya i gidrogeohimicheskaya karakteristika Shebelinskogo gazovogo mestorozhdeniya. *Voprosy razvitiya gazovoy promyshlennosti Ukrainy SSR*. 1963. P. 68-81. [in Russian]
 5. Zastezhko Yu. S., Lure A. I. Nekotorye osobennosti geotermicheskikh usloviy Shebelinskogo gazovogo mestorozhdeniya. *Neftyanaya i gazovaya promyshlennost*. 1965. No 3 (23). P. 8-11. [in Russian]
 6. Kononenko A. V. Osnovni peredumovy znyzhennia yakosti pytnykh pidzemnykh vod kreidianykh vodozaboriv Skhidnoi Ukrainy. *Visnyk KhNU im. V.N. Karazina, seriia «heolohiia-heohrafiia-ekolohiia»*. 2016. Vol. 44. P. 63-70. [in Ukrainian]
 7. Kryvulia S. V., Tereshchenko V. O. Osoblyvosti heolohichnoi budovy, naroshchuvannya zapasiv ta rozrobka velykykh rodovysch u vidkladakh R1-S3 v DDZ na prykladi Shebelynskoho hazokondensatnoho rodovyscha. *Visnyk KhNU im. V.N. Karazina, seriia «heolohiia-heohrafiia-ekolohiia»*. 2012. No 1033. P. 15-82. [in Ukrainian]
 8. Kukhar M. V., Kriuchenko N. O. Hidro?eokhimichni kryterii mihratsii pidzemnykh vod Dniprovsko-Donetskoho artezijskoho baseinu. *Poshukova ta ekolohichna heokhimiia*. 2013. No 1 (13). P. 30–33. [in Ukrainian]
 9. Levoniuk S. M., Udalov I. V. Ekoloho-hidrokhimichni osoblyvosti transformatsii yakosti pytnykh pidzemnykh vod pid vplyvom tekhnohennykh ta neotektonichnykh faktoriv (na prykladi buchatsko-kanivskykh vodozaboriv Skhidnoi Ukrainy). *Poshukova ta ekolohichna heokhimiia*. 2018. No 1 (19). P. 30–40. [in Ukrainian]
 10. Levoniuk S. M., Kniupa A. S., Fyk I. M. Metodychni pidkhid do vyznachennia fliui?oprovodnosti rozryvnykh tektonichnykh porushen za hidroheokhimichnymi pokaznykamy yakisnoho skladu pytnykh pidzemnykh vod. *Naftohazova haluz Ukrainy*. 2021. No 1 (49). P. 5–11. [in Ukrainian]

11. Udalov I. V., Levoniuk S. M. Transformatsiia yakisnoho skladu pytnykh pidzemnykh vod tsentralnoi chastyny DDAB. *Heokhimiia tekhnohenezu*. 2019. Vol. 2 (30). P. 46–55. [in Ukrainian]
12. Lukin O. Yu. Zabezpechennia Ukrainy vlasnym pryrodnyim hazom: problemni aspekty (za materialamy naukovoi dopovidi na zasidanni Prezydii NAN Ukrainy 2 lypnia 2014 roku). *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*. 2014. No 9. P.16-22. [in Ukrainian]
13. Mentukh I.O. Heolohichni osnovy perspektyvy rozrobky Shebelynskoho rodov-shcha. Heolohiia nafty i hazu : materialy mizhvuzovskoi naukovopraktychnoi konferentsii studentiv ta aspirantiv, 16-17 travnia 2017 r., Kharkiv, 2017. 98 p. [in Ukrainian]
14. Suyarko V. G. Geohimiya podzemnykh vod vostochnoy chasti Dneprovsko-Donetskogo avlakogena. H.: HNU imeni V.N. Karazina, 2006. 225 p. [in Russian]
15. Fesenko Yu. L., Volosnyk Ye. O., Fyk I. M. Stan i perspektyvy rozrobky Shebelynskoho hazokondensatnoho rodovshcha. *Naftova i hazova promyslovisht.* 2009. No 5-6. P. 24-28. [in Ukrainian]
16. Fyk I. M., Fyk M. I., Fyk I. M. Perspektyvy dovhostrokovoї rozrobky Shebelynskoho hazokondensatnoho rodovshcha v umovakh vidnovlennia zapasiv. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriia «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia»*. 2019. Vol. 50. P. 63-76.17. [in Ukrainian]
17. Yusupova L. F., Gutorov A. Yu. K voprosu ob istochnikah proishozhdeniya i putyah migratsii nefti pri formirovanii mestorozhdeniy na territorii respubliky Tatarstan. Materialy 38-y nauchno-tehnicheskoy konferentsii molodykh uchYonykh, aspirantov i studentov: v 3 tomah, 2011, Ufa. Vol. 2. 279 p. [in Russian]
18. Aksoy N., Şimşek C., Gunduz O. Groundwater contamination mechanism in a geothermal field: A case study of Balçova, Turkey. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2009. Vol. 103, iss. 1-2. P. 13–28.
19. Nieber J. L. The relation of preferential flow to water quality, and its theoretical and experimental quantification. *Preferential Flow. Water Management and Chemical Transport in the Environment* : Proceedings of the 2nd International Symposium, January 3-5, 2001, Honolulu, USA, 2001. P. 1–9.
20. Schmoll O., Howard G., Chilton J., Chorus I. Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources. London : IWA Publishing, 2006. 697 p.
21. Udalov I. V., Levoniuk S. M., Samoilo V. V. The ecological and hydrogeological factors of destabilization of drinking groundwater quality within Eastern Ukraine and the measures for its environmentally safe use. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* : materials of XIII International Scientific Conference, 12-15 November 2019, Ukraine, Kyiv, 2019. P. 1–5.
22. Zaporozec A. Groundwater Contamination Inventory. IHP-VI, Series on groundwater, No 2. UNESCO, 2002.