

Впроваджена запропонована автоматизована система контролю параметрів мікроклімату в межах функціонування нафтопромислових об'єктів на етапі виконання технологічних операцій, з метою підвищення рівня екологічної безпеки навколишнього середовища в межах впливу об'єктів нафтопромислів.

### Література

- 1 Жидецький В.Ц. Основи охорони праці/В.Ц. Жидецький – Л. : Афіша, 2005. – 349 с.
- 2 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : затв. Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27.12.2001 р. № 528.
- 3 ISO 7243 "Високотемпературные условия – оценка тепловой нагрузки по индексу WBGT (температура влажного й шарового термометра)".
- 4 Міжнародний стандарт ISO 14644 «Класифікація чистоти повітря».

© К. О. Радловська,  
Ю. О. Супруненко

*Надійшла до редакції 15 травня 2017 р.  
Рекомендував до друку  
докт. тех. наук Я. М. Семчук*

УДК 553.98/504.43:504.4.054

*Д. В. Дядін*

*Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова*

## ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ОСЕРЕДКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА РОДОВИЩАХ СХІДНОГО НАФТОГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНУ

Наведено результати досліджень гідрохімічних показників забруднення підземних вод компонентами супутньо-пластових вод на окремих родовищах Східного нафтогазоносного басейну. Визначено, що витоки супутньо-пластових вод формують осередки забруднення першого від поверхні водоносного горизонту, основними індикаторами якого виступають підвищені концентрації хлоридів, натрію, стронцію та літію. Найвищі рівні забруднення характерні для ділянок експлуатації відкритих систем підготовки пластових вод та систем повернення пластових вод у надра.

**Ключові слова:** нафтогазові родовища, підземні води, супутньо-пластові води, забруднення

Приведены результаты исследований гидрохимических показателей загрязнения подземных вод компонентами попутно-пластовых вод на отдельных месторождениях Восточного нефтегазоносного бассейна. Определено, что утечки попутно-пластовых вод формируют очаги загрязнения первого от поверхности водоносного горизонта, основными индикаторами которого выступают повышенные концентрации хлоридов, натрия, стронция и лития. Наиболее высокие уровни загрязнения характерны для участков эксплуатации открытых систем подготовки пластовых вод и систем возврата пластовых вод в недра.

**Ключевые слова:** нефтегазовые месторождения, подземные воды, попутно-пластовые воды, загрязнение

Hydrochemistry of groundwater contaminated by produced waters has been investigated on several oil and gas fields of Eastern oil-gas bearing basin. It is found that spillages of produced waters contaminate shallow aquifer with high amounts of chlorides, sodium, strontium and lithium. The highest levels of groundwater contamination are observed on the sites of open reservoirs of produced water treatment and injection wells.

**Keywords:** oil and gas fields, groundwater, produced water, contamination

**Постановка проблеми.** Погіршення якості природних вод є однією з основних екологічних проблем України, у тому числі для північно-східних регіонів України, які відзначаються відносно високим рівнем водозабезпеченості поверхневими і підземними водними ресурсами. Прогнозні запаси питних і технічних підземних вод Полтавської, Харківської, Сумської та Чернігівської областей становлять 32% запасів всієї країни [1]. При цьому підземні водні ресурси зазначених областей місцями зазнають помітного навантаження від сільськогосподарської та промислової діяльності. Одним із найістотніших факторів впливу на довкілля, який створює екологічні проблеми регіонального рівня, є процеси видобування та переробки нафти і природного газу [2]. Східний нафтогазоносний басейн, приурочений до Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), налічує 238 родовищ вуглеводнів, розташованих в адміністративних межах Чернігівської, Сумської, Полтавської, Харківської, Дніпропетровської, Донецької та Луганської областей, і є найбільшим в Україні за обсягом розвіданих запасів та видобутком нафти та газу. Історія видобування у басейні налічує більше 50 років інтенсивної розробки надр, протягом яких були пробурені тисячі свердловин різного призначення на глибину від 1500 до 5000 м [3].

Основною проблемою, пов'язаною з видобуванням нафти і газу в регіоні, є забруднення поверхневих і неглибоких підземних вод нафтопродуктами і компонентами високомінералізованих супутніх пластових вод (СПВ), які видобувають у складі вуглеводневої суміші. На нафтових родовищах, що перебувають на кінцевій стадії розробки, обводненість продукції є дуже високою і може сягати 90% [4, 5]. Видобуті СПВ після сепарації повертаються до продуктивних горизонтів карбону у системах підтримання пластового тиску (ППТ) або нагнітаються до солоних водоносних горизонтів тріасу, що для умов Східного басейну є єдиним виправданим засобом утилізації відходів такого складу. Але висока хімічна агресивність СПВ та застарілість технологічного обладнання постійно створюють загрозу їхнього потрапляння у водоносні горизонти та поверхневі водні об'єкти на території родовищ.

Не дивлячись на масштабність освоєння нафтогазоносних надр у регіоні та очевидні ризики негативного впливу на стан водних ресурсів, питання забруднення природних вод компонентами СПВ на території Східного басейну у науковій періодиці України майже не висвітлене. У 2001 році спеціалістами ТОВ «СВНЦ Інтелект-сервіс» було узагальнено результати моніторингу підземних і поверхневих вод і показано, що на ділянках підготовки, транспортування і скидання СПВ, а також аварійних кратерів свердловин зустрічаються високі та катастрофічні рівні забруднення вод [5]. Представниками тієї ж компанії пізніше було детально висвітлено стан забруднених вод на одному з найкрупніших нафтогазопромислових вузлів – Качанівському [6]. Схожі проблеми забруднення довкілля пластовими водами досліджуються і в Передкарпатському нафтогазоносному басейні [7]. Низкою публікацій висвітлено значення СПВ Східного нафтогазоносного басейну як гідромінеральної сировини. Генетичний зв'язок пластових вод кам'яновугільних покладів із морськими розсолами зумовлює в них промислові концентрації таких мікроелементів, як йод, бром, бор та інших [8–10]. У зарубіжних виданнях питання забруднення поверхневих і підземних вод від скидів або витоків пластових вод розглядається значно ширше. Проблеми, пов'язані з потраплянням до водних об'єктів солоних пластових вод із мінералізацією до 240 г/дм<sup>3</sup> і високими концентраціями токсичних металів, виникають в багатьох крупних нафтогазоносних басейнах світу [15, 16].

Щорічний видобуток пластових вод разом із нафтою і газом на родовищах України оцінюють у близько 20 млн т [9]. Зважаючи на високий ступінь обводненості покладів багатьох родовищ Східного басейну та високі рівні мінералізації, характерні для місцевих СПВ, проблема екологічної безпеки водних ресурсів потребує невідкладного вивчення на регіональному рівні. Особливої актуальності проблема впливу промислових флюїдів на

стан і якість природних вод набуває зі зростанням використання у басейні технологій гідравлічного розриву пласта.

**Мета і завдання досліджень.** Метою досліджень є визначити характер і рівень забруднення підземних і поверхневих вод на ділянках нафтогазовидобувних об'єктів у Східному нафтогазоносному басейні.

Завдання, що поставлені у дослідженні, містять:

- проведення аналізу накопичених даних моніторингу природних вод на окремих родовищах Східного нафтогазоносного басейну;
- визначення показників-індикаторів забруднення природних вод та аналіз закономірностей їхнього розподілу на досліджених родовищах;
- оцінка рівня забруднення природних вод на родовищах за визначеними показниками.

**Матеріали та методи дослідження.** У дослідженні використано результати моніторингу підземних і поверхневих вод, що проводиться автором у складі компанії ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД» з 2002 р. на родовищах Східного басейну на територіях діяльності нафтогазовидобувних компаній ВАТ «Укрнафта», ПАТ «Укргазвидобування» та інших. Відбирання проб підземних і поверхневих вод на території родовищ відбувалося щоквартально для урахування сезонних коливань у режимі живлення водних об'єктів. Проби відбиралися із спеціальних спостережних свердловин, водозабірних свердловин питного та технічного водопостачання, колодязів громадян, природних джерел, а також поверхневих водотоків і водойм. Підземні води, що досліджувалися у ході моніторингу, належать до зони активного водообміну в четвертинних і неоген-палеогенових водоносних горизонтах. Найглибшим горизонтом, що опробувався, виступав канівсько-бучацький, який залягає на глибині від 80 до 220 м від поверхні землі у залежності від геологічної будови території розташування свердловин. Крім того, до аналізів були залучені дані щодо складу СПВ, які відбиралися на різних родовищах із продуктивних горизонтів середнього і верхнього карбону.

Під час кожного відбору проб на місці здійснювали експрес-вимірювання фізико-хімічних показників води – температури, питомої електропровідності, водневого показника рН та окислювально-відновного потенціалу Eh. Лабораторні дослідження на вміст основних іонів, стронцію, літію, нафтопродуктів і сухого залишку виконували за стандартними методиками в акредитованій лабораторії. В обробці даних використовували методи статистичного аналізу. Для оцінки рівня забруднення підземних вод використовували граничнодопустимі концентрації для питних вод, встановлені чинними санітарними нормами [11].

**Виклад основного матеріалу.** Гідрохімічний моніторинг, що проводиться автором у складі компанії ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД», охоплює близько 40 нафтових і газових родовищ, розташованих у різних геологічних умовах Дніпровської-Донецької западини. Для аналізу в даному дослідженні були обрані родовища, на яких у різний час були виявлені осередки забруднення підземних вод, приурочені до таких об'єктів інфраструктури, як відкриті системи підготовки СПВ (накопичувачі, ставки-відстійники), нагнітальні свердловини, насосні станції і водоводи. До цього переліку потрапили сім родовищ, кожне з яких характеризується довгою історією освоєння і має розвинену систему закачування СПВ у надра (табл. 1).

Всі досліджувані родовища є нафтогазоконденсатними, перебувають на завершальних стадіях експлуатації й характеризуються значними обсягами СПВ, що видобуваються і повертаються у надра. На Анастасівському, Бугруватівському та Рибальському родовищах функціонують системи підтримання пластового тиску шляхом закачування СПВ у продуктивні горизонти карбону.

Ступінь небезпеки СПВ як забрудника можна представити, якщо проаналізувати їхній хімічний склад. За результатами наших досліджень мінералізація пластових вод кам'яновугільних покладів становить від 80 до 240 г/дм<sup>3</sup> у залежності від родовища. Води

мають хлоридний кальцієво-натрієвий склад, частка кальцію в якому достатньо помітна і становить 20–30%-екв., а коефіцієнт метаморфізації  $r_{Na/rCl} = 0,63–0,77$ , що відповідає даним інших дослідників гідрогеохімії підземних вод Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну [12].

Таблиця 1

## Розподіл досліджених родовищ за басейнами стоку й об'єми досліджень

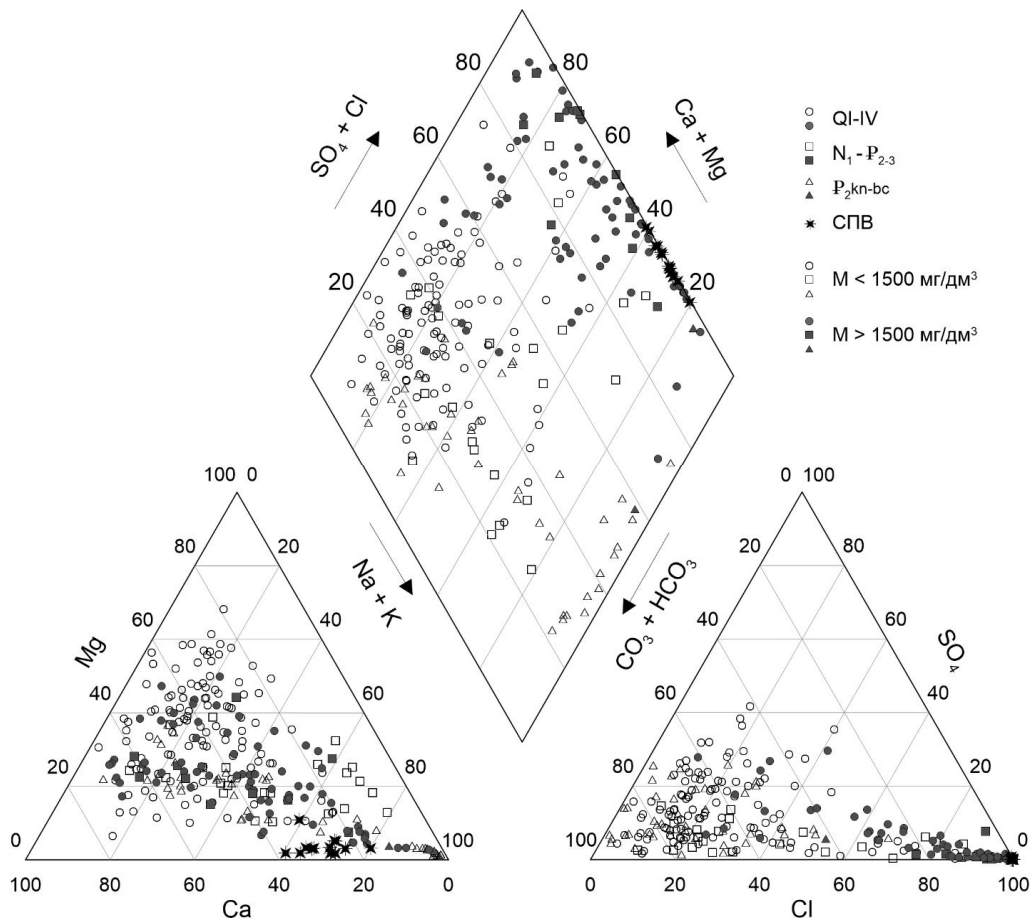
Басейн стоку	Нафтогазові родовища, на яких проводилися дослідження	Початок експлуатації родовища [3]	Кількість пунктів моніторингу	Кількість проведених спостережень
Удай	Леяківське, Гнідинцівське	1959–1964	29	75
Сула	Глинсько-Розбишівське	1959	83	981
	Анастасівське	1973	36	824
Псел	Качанівське	1960	47	1375
Ворскла	Бугруватівське, Рибальське	1965–1976	65	1090

Аналіз основного іонного складу досліджених підземних вод показує достатньо високу різномірність у співвідношеннях катіонів і аніонів. На діаграмах Пайпера (рис. 1) узагальнено хімічний склад підземних вод, для чого використано усереднені багаторічні дані моніторингу по кожному пункту спостережень на досліджених родовищах. На цих і подальших діаграмах проби згруповані за такими водоносними горизонтами зверху вниз: 1) четвертинний горизонт в еолово-делювіальних суглинках та піщано-глинистих алювіальних відкладах; 2) неоген-палеогеновий водоносний горизонт, представлений залежно від території новопетрівсько-берецькими та харківськими піщаними відкладами; 3) канівсько-буцацький горизонт у пісках еоцену. Для більшої наочності проби також розділені за рівнем мінералізації у  $1500 \text{ мг/дм}^3$ , що відповідає верхній допустимій межі для питних вод колодязів і каптажів джерел [11].

Всі досліджені проби характеризуються гідрокарбонатним або хлоридним складом в аніонній частині та змішаним складом у катіонній. Сульфатних вод у досліджених водоносних горизонтах не виявлено, вміст сульфатів у пробах становить переважно менше 20 %-екв.

Найбільші варіації хімічного складу притаманні ґрунтовим водам четвертинного водоносного горизонту. Переважаючим складом для незабруднених четвертинних вод є гідрокарбонатний кальцієвий, а мінералізація таких вод перебуває у межах  $600–1300 \text{ мг/дм}^3$ . На ділянках, де відбулося забруднення компонентами СПВ, спостерігається помітна зміна складу вод у бік хлоридно-натрієвого з відповідним підвищенням мінералізації до  $2000–5000 \text{ мг/дм}^3$ . Обидва ці іони нехарактерні для верхньої частини зони активного водообміну лівобережжя Дніпра, тому їхня одночасна поява у складі ґрунтових вод є ознакою забруднення компонентами СПВ.

Найвищим ступенем забруднення характеризуються ґрунтові води зі спостережних свердловин, розташованих безпосередньо на ділянках систем відкритої підготовки СПВ. Проби з таких свердловин біля накопичувачів пластових вод на Качанівському родовищі та ставків додаткового відстоювання на Глинсько-Розбишівському родовищі за вмістом хлоридів і натрію та рівнем мінералізації фактично наближаються до СПВ. Це ще раз підтверджує повну непридатність глинистих протифільтраційних екранів, в яких агресивні пластові води руйнують карбонатні мінерали та різко знижують гідроізолюючу здатність екрану [5]. Частина проб із четвертинного водоносного горизонту, в якій вміст хлоридів становить більше 70%-екв., належить до спостережних свердловин на ділянках нагнітальних свердловин та водоводів пластових вод, де відбувалися пориви і витіки СПВ. Вміст натрію в цих пробах також підвищено, але частка кальцію все одно залишається переважаючою – від 50 до 80%-екв. Таким чином, в аніонній частині зміна гідрокарбонатного складу хлоридним відбувається значно помітніше.



**Рис. 1.** Іонний склад підземних вод і СПВ на досліджених родовищах

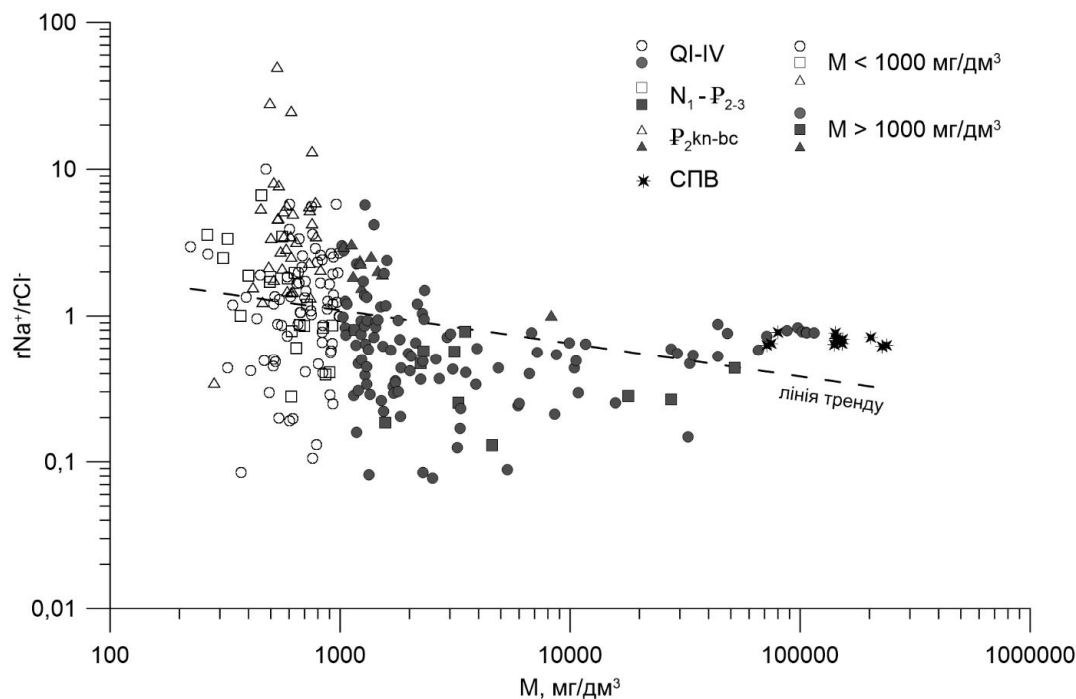
Води другого від поверхні неоген-палеогенового горизонту, який часто утворює єдиний водоносний комплекс із четвертинними відкладами, також характеризується ознаками забруднення компонентами СПВ, але частка забруднених проб є меншою. Це обумовлено, з одного боку, його більш високою захищеністю, а з іншого – недостатньою вивченістю. Спостережних свердловин на цей горизонт споруджено дуже мало, а для водопостачання в населених пунктах і на промислах частіше використовують четвертинний та більш глибокий канівсько-буцацький горизонти. Більшість досліджених проб показують переважно гідрокарбонатний кальцієвий склад підземних вод у цьому горизонті, але на Качанівському та Глинсько-Розбишівському родовищах є спостережні свердловини, в яких зафіксована підвищена роль хлоридів і натрію на фоні підвищеної мінералізації до 2000–5000 мг/дм<sup>3</sup>.

Підземні води канівсько-буцацького горизонту, який залягає на глибині переважно більше 100 м, помітно відрізняються від перекриваючих його горизонтів та мають власні регіональні відмінності за площею. Велика група проб має гідрокарбонатний натрієвий та хлоридно-гідрокарбонатний натрієвий склад із невисокою мінералізацією – 700–1500 мг/дм<sup>3</sup>. За умов низької мінералізації та невеликої частки хлоридів такий склад не пов'язаний із забрудненням компонентами СПВ, до того ж канівсько-буцацький горизонт є регіонально захищеним водотривом київських мергелів і глин. Поява хлоридів і натрію в цих водах може бути обумовлена висхідним підживленням солонуватими водами з підстилаючих напірних горизонтів в умовах скороченості або відсутності крейдових та юрських водотривів [13].

Для оцінки зв'язку між глибокими водоносними горизонтами зони ускладненого водообміну з приповерхневими горизонтами зони активного водообміну використовують коефіцієнт метаморфізації  $r_{Na/rCl}$ , тобто відношення вмісту натрію до вмісту хлоридів у еквівалентній формі. Високомінералізовані підземні води глибоких горизонтів, які мають

генетичний зв'язок є морськими розсолами, характеризуються значеннями  $r\text{Na}/r\text{Cl}$ , близькими до морської води – 0,8–0,9. Води прісного складу, що зазнають активного водообміну з атмосферними опадами, відрізняються в бік підвищення цього коефіцієнту до 2,0–9,0 і більше [12].

На рис. 2 представлені величини коефіцієнту метаморфізації та його залежність від мінералізації вод на досліджених родовищах за водоносними горизонтами. Виявлено, що досліджений нами набір проб характеризується дуже широким спектром значень коефіцієнту метаморфізації – від 0,08 до 50, в якому виявляється тренд зниження коефіцієнту зі зростанням мінералізації підземних вод. До нього увійшли води як незабруднені компонентами СПВ, але при цьому гідрохімічно аномальні, так і ті, що безпосередньо розбавлялися витокami пластових вод з різною інтенсивністю і тривалістю. Найвищі значення  $r\text{Na}/r\text{Cl}$  ми спостерігаємо в пробах підземних вод канівсько-бучацького горизонту на ділянках, де цей горизонт, очевидно, не зазнає ані забруднення від витоків СПВ зверху, ані природного висхідного підживлення солонуватими хлоридними водами. Величина коефіцієнту для сильно забруднених ґрунтових вод на ділянках відкритих системи підготовки СПВ та поглинальних свердловин наближується до 0,8–1,0, що відповідає величині, характерній для пластових вод. Низькі значення коефіцієнту  $r\text{Na}/r\text{Cl}$  свідчать про наявність хлоридного забруднення підземних вод, але висока частка кальцію в них, може говорити про давність термінів такого забруднення.



**Рис. 2. Коефіцієнт метаморфізації підземних вод і СПВ на досліджених родовищах**

Окрім підвищеного вмісту хлоридів і натрію на фоні високої мінералізації, індикаторами промислового забруднення можуть виступати мікроелементи, наприклад, стронцій і літій, які містяться в СПВ у високих концентраціях, виявляють добру міграційну здатність та є нехарактерними для фонового складу верхніх водоносних горизонтів Дніпровсько-Донецької западини [5, 14].

Для того, щоб оцінити рівні забруднення підземних вод на досліджених родовищах, ми узагальнили дані щодо кількості проб з перевищенням гранично допустимих концентрацій (ГДК) за хлоридами, натрієм, стронцієм, літієм і мінералізацією (табл. 2). Для розрахунків використовували ГДК, встановлені чинними нормативами України для питних вод – 250  $\text{мг}/\text{дм}^3$  для хлоридів, 200  $\text{мг}/\text{дм}^3$  для натрію, 7,0  $\text{мг}/\text{дм}^3$  для стронцію, 0,03  $\text{мг}/\text{дм}^3$  для літію і 1000  $\text{мг}/\text{дм}^3$  для мінералізації води [11]. За результатами оцінки перший від поверхні четвертинний водоносний горизонт виявився найбільш

забрудненим за всіма показниками на території всіх досліджених родовищ. Найбільша кількість перевищень ГДК зафіксована на Глинсько-Розбишівському та Качанівському родовищах, які характеризуються найбільшою серед інших родовищ щільністю експлуатаційних та нагнітальних свердловин та наявністю відкритих систем підготовки СПВ. Другий від поверхні неоген-палеогеновий водоносний горизонт за рахунок своєї захищеності налічує значно менше проб із перевищенням ГДК, але є всі основи вважати рівень його забруднення недооціненим, оскільки він був маловивчений відносно невеликою кількістю пунктів моніторингу. У пробах із канівсько-буцацького горизонту, який на всій території експлуатується для водопостачання артезіанськими свердловинами, не виявлено ознак забруднення компонентами СПВ – одночасного підвищеного вмісту всіх досліджуваних індикаторів. Разом з тим, у його складі яскраво виявляються гідрохімічні аномалії, обумовлені регіональними гідрогеологічними особливостями. Такими прикладами є високий вміст натрію у водах горизонту на території Лесяківського та Гнідинцівського родовищ (більше 30% проб з перевищенням ГДК), а також аномальні концентрації літію на водозаборах Качанівського, Бугруватівського та Рибальського родовищ (близько 8% проб з перевищенням ГДК).

Таблиця 2

**Частка проб підземних вод із перевищенням ГДК на досліджених родовищах**

Басейн стоку	Родовища	Горизонт	К-ть проб	% проб з перевищенням ГДК				
				Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Li <sup>+</sup>	мініралізація
Удай	Лесяківське, Гнідинцівське	QI-IV	34	14,5	1,8	0,0	0,0	23,6
Сула	Глинсько-Розбишівське		585	52,9	40,3	16,9	11,4	56,7
Сула	Анастасівське		401	9,3	8,1	4,7	2,9	28,3
Псел	Качанівське		566	39,3	22,4	16,9	12,4	42,6
Ворскла	Бугруватівське, Рибальське		441	11,4	7,9	1,7	4,3	24,8
Сула	Глинсько-Розбишівське	N <sub>1</sub> - P <sub>2-3</sub>	143	5,1	2,7	1,0	0,4	4,0
Псел	Качанівське		322	14,8	9,9	0,6	0,3	12,7
Ворскла	Бугруватівське, Рибальське		21	1,2	0,3	0,3	0,3	0,7
Удай	Лесяківське, Гнідинцівське	P <sub>2kn-bc</sub>	21	5,5	30,9	0,0	1,8	10,9
Сула	Глинсько-Розбишівське		53	2,7	4,6	0,0	2,8	4,5
Сула	Анастасівське		178	0,2	3,8	0,0	0,0	0,3
Псел	Качанівське		99	0,1	0,1	0,0	8,2	0,1
Ворскла	Бугруватівське, Рибальське		142	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0

Відмінності у рівнях забруднення по водоносних горизонтах добре узагальнює діаграма, наведена на рис. 3. Рівні забруднення зменшуються з глибиною за рахунок зростання природної захищеності водоносних горизонтів.

Для того, щоб проаналізувати залежності між компонентами-індикаторами забруднення та виявити відмінності у характері перевищень їх ГДК, ми представили коефіцієнти перевищення ГДК окремих компонентів (хлоридів, натрію, стронцію, літію) по відношенню до коефіцієнтів перевищення гранично допустимих значень мініралізації у логарифмічному вигляді (рис. 4).

Всі чотири компоненти виявляють пряму залежність свого вмісту від мініралізації води – коефіцієнти кореляції становлять від 0,79 по літію та до 0,99 по хлоридам.

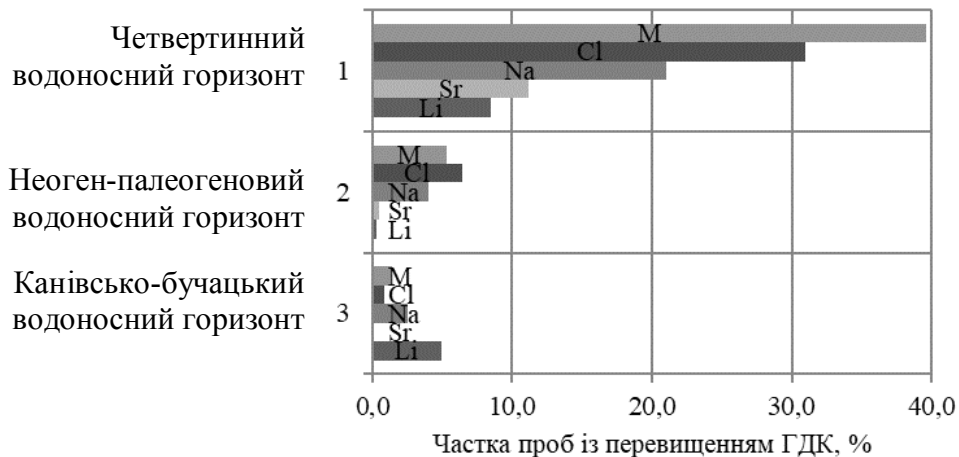


Рис. 3. Частки проб із перевищенням ГДК за водоносними горизонтами

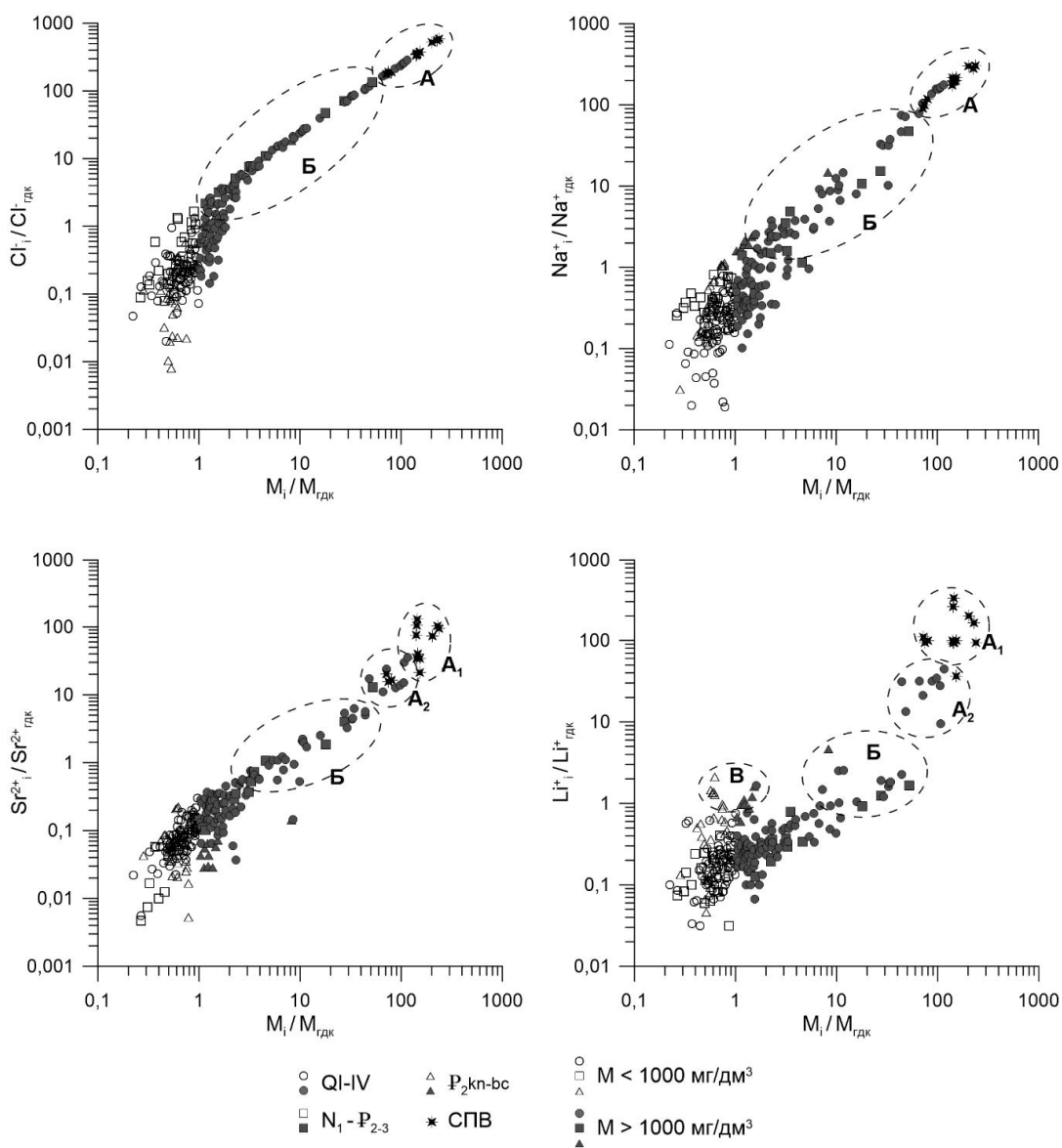


Рис. 4. Розподіл перевищень ГДК компонентів-забрудників у підземних водах досліджених родовищ (позначення А, Б, В – див. у тексті)



Для хлоридів і натрію пряма залежність виражена помітно чіткіше, і пояснюється загальновідомою гідрохімічною закономірністю – зростанням ролі хлоридів і натрію зі збільшенням загальної кількості розчинених солей у воді. Вміст мікрокомпонентів – стронцію і літію – зазнає більших варіацій по дослідженим водам, що ілюструється розширенням хмари точок на діаграмах, особливо для літію. Це, очевидно, пов'язане з більшим переліком чинників, що визначають їхню залежність від мінералізації. До них належать менша розчинність сполук стронцію і літію, обмеженість у гідрохімічній міграції за рахунок сорбції глинистими мінералами, наявність регіональних відмінностей у складі водовмісних порід.

На наведених діаграмах (див. рис. 4) достатньо чітко вирізняються окремі групи точок з різними рівнями забруднення, пов'язаних із різними джерелами надходження компонентів у досліджені водні об'єкти. На діаграмах залежностей  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$  групою А позначені проби з найвищим рівнем забруднення, в яких вміст компонентів перевищує ГДК у сотні разів і наближується фактично до складу СПВ. Такі проби належать до сильно засолених ґрунтових вод на ділянках експлуатації відкритих накопичувачів СПВ на Качанівському та Глинсько-Розбишівському родовищах, на яких глинисті протифільтраційні екрани під впливом агресивних пластових вод майже втратили гідроізолюючі властивості. На діаграмах залежностей  $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{Li}^+$  ці проби (група А<sub>2</sub>) більш явно відокремлюються від СПВ (група А<sub>1</sub>).

Група Б охоплює підземні води першого і другого водоносних горизонтів із різним ступенем забруднення, в яких ГДК досліджених компонентів перевищуються в 10–100 разів. Ці проби приурочені до ділянок експлуатації водоводів, поглинальних та експлуатаційних свердловин, які є на всіх досліджених родовищах. Межі виділення цієї групи нечіткі, адже рівні забруднення значно варіюють за територією, оскільки джерела забруднення розташовані дуже спорадично і діють непостійно. До них належать пориви на водоводах СПВ, витіки продукції з факельних амбарів, потоки розсіювання із місць захоронення бурових шлаків, аварійні розливи продукції на усті свердловин під час освоєння або капітального ремонту. Звертає на себе увагу, що кількість проб із перевищенням ГДК мікрокомпонентів ( $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{Li}^+$ ) значно менша у порівнянні з основними іонами ( $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$ ). Це пояснюється, по-перше, меншою розчинністю  $\text{Sr}^{2+}$  і  $\text{Li}^+$ , а по-друге, тим, що хлориди і натрій, на відміну від стронцію і літію, можуть надходити до підземних вод також із інших джерел, окрім СПВ. Можна підсумувати, що під час надходження СПВ до прісних підземних вод перевищення ГДК хлоридів і натрію зростають значно швидше, ніж для стронцію і літію.

Окремої уваги заслуговує група В, до якої ми включили відносно невелику кількість проб, в яких вміст літію перевищує ГДК, але за мінералізацією вони є прісними або трохи перевищують її граничне значення. Ці проби характерні для підземних вод канівсько-буцацького горизонту на території Качанівського родовища і обумовлені регіональними природними варіаціями хімічного складу підземних вод даного горизонту. Вміст хлоридів, натрію і стронцію в них перебуває нижче ГДК, тобто ознак забруднення пластовими водами цих підземних вод не спостерігається.

**Висновки.** Результати гідрохімічного моніторингу, що проводився авторами на окремих нафтогазових родовищах Східного басейну підтверджують, що основним забруднювачем підземних і поверхневих вод від нафтогазовидобутку є системи поводження із супутньо-пластовими водами. На ділянках функціонування накопичувачів пластових вод, водоводів та поглинальних свердловин Качанівського, Глинсько-Розбишівського, Анастасівського, Бугруватівського, Рибальського та інших родовищ виявлені осередки забруднення у четвертинному водоносному горизонті від слабого рівня (1–10 ГДК) до катастрофічного (>100 ГДК).

Основними індикаторами забруднення природних вод від витоків СПВ є хлориди, натрій, стронцій та літій. Ці компоненти містяться в складі пластових вод у великих кількостях, виявляють високі міграційні властивості у водному середовищі та є переважно нехарактерними для верхніх горизонтів зони вільного водообміну Дніпровсько-Донецької

западини. Такі властивості зумовлюють їхню високу індикаторну здатність щодо наявності впливу СПВ. Проте, аналіз цих показників за родовищами в різних водозбірних басейнах показав, що на їхній розподіл можуть істотно впливати також інші фактори – наявність підсолонення прісних водоносних горизонтів на ділянках висхідної фільтрації з більш глибоких напірних горизонтів, варіації літолого-фаціального складу водовмісних порід, а також забруднення іншого походження. Підземні води, що забруднюються компонентами СПВ, характеризуються одночасним підвищенням всіх чотирьох показників, хоча стронцій та літій помітно пізніше сягають рівнів своїх ГДК із зростанням мінералізації води. Для підвищення надійності діагностики компонентів СПВ у складі підземних і поверхневих вод на території нафтогазових родовищ доцільно залучати більш чутливі методи, наприклад, ізотопний аналіз вод.

### Література

- 1 Мінеральні ресурси України: щорічник / Київ: Державне науково-виробниче підприємства «Державний інформаційний геологічний центр України», 2014. 270 с.
- 2 Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році / Міністерство екології та природних ресурсів України. Київ: 2016. 350 с.
- 3 Атлас родовищ нафти і газу України: у 6-ти томах / гол. ред. М. М. Іванюта. Львів: Центр Європи, 1998. Т. 1. 494 с.
- 4 Депутат Б. Ю. Підвищення екологічної безпеки нафтових родовищ на кінцевій стадії розробки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу. Івано-Франківськ, 2007. 20 с.
- 5 Васильев А. Н., Журавель Н. Е., Клочко П. В. Организация гидрохимического мониторинга в условиях нефтегазоносного северо-востока Украины. Харьков: Экограф, 2001. 112 с.
- 6 Журавель Н. Е., Клочко П. В., Дядин Д. В. Современное экологическое состояние подземных и поверхностных вод в районе Качановского нефтепромыслового узла. Экология довкілля та безпека життєдіяльності. 2007. № 4. С. 66–73.
- 7 Семчук Я. М. Депутат Б. Ю., Лопушанський А. Я. Захист ґрунтових вод від сольового забруднення при експлуатації нафтогазоконденсатних родовищ. Екотехнологии и ресурсосбережение. 2006. №3. С. 47–51.
- 8 Бандуріна О. В. Аналіз вмісту мікроелементів у пластових водах Краснокутського родовища. Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка: Сер. Галузеве машинобудування, будівництво. 2014. №1. С. 343–348.
- 9 Чомко Д., Рева М., Диняк О. Супутньо-пластова вода нафтових родовищ як гідромінеральна сировина. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: Геологія. 2016. №4. С. 77–81.
- 10 Рева М. Супутньо-пластові води в Східному нафтогазовому регіоні України як джерело небезпеки або цінний ресурс. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: Геологія. 2016. №1. С. 81–85.
- 11 Державні санітарні правила і норми України «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: затв. наказом М-ва здоров'я України від 12.05.2010 р. №400. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
- 12 Кухар М. В., Крюченко Н. О. Гідрогеохімічні критерії міграції підземних вод Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Пошукова та екологічна геохімія. 2013. №1. С. 30–33.
- 13 Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена / под ред. В. М. Шестопалова. Киев: Наукова думка, 1988. 272 с.
- 14 Дядин Д. В. Гідрохімічні показники моніторингу підземних і поверхневих вод на об'єктах нафтогазовидобувної інфраструктури. Екогеофорум 2017. Актуальні проблеми та інновації: матеріали міжнародної наук.-практ. конференції, Івано-Франківськ, 2017. С. 66–67.
- 15 Yusta-García R., Orta-Martínez M., Mayor P., González-Crespo C., Rosell-Melé A. Water contamination from oil extraction activities in Northern Peruvian Amazonian rivers. Environ. Pollut. 2017. vol. 225, pp. 370–380.
- 16 Torres L., Yadav O. P., Khan E. A review on risk assessment techniques for hydraulic fracturing water and produced water management implemented in onshore unconventional oil and gas production. Science of The Total Environment. 2016. vol. 539, pp. 478–493.

© Дядін Д. В.

*Надійшла до редакції 17 травня 2017 р.*

*Рекомендував до друку*

*докт. техн. наук Я. О. Адаменко*