



## Фактори і процеси забруднення супутньо-пластовими водами та нафтопродуктами природного середовища


Василь Суярко<sup>1</sup>

д. г.-м. н., професор, кафедра фундаментальної та прикладної геології,  
<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна,  
e-mail: [vgsuyarko@gmail.com](mailto:vgsuyarko@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0003-2841-0071>;

Олег Улицький<sup>2</sup>

д. геол. н., професор, пров. наук. співроб.,  
<sup>2</sup> ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ, Україна,  
e-mail: [olegulytsky@gmail.com](mailto:olegulytsky@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0003-2674-2208>;

Ольга Сердюкова<sup>1</sup>

ст. викладач, кафедра фундаментальної та прикладної геології,  
e-mail: [serd.64@ukr](mailto:serd.64@ukr),  <https://orcid.org/0000-0002-8946-0243>

Розглянуто фактори і процеси забруднення природного середовища через витоки супутньо-пластових вод (СПВ) та нафтопродуктами в процесі пошуку, розвідки та експлуатації родовищ вуглеводнів. Проаналізовано механізми та екологічні наслідки цього явища а також рівні безпеки окремих забруднюючих компонентів. Досліджено зміни в природних екосистемах в наслідок надходження до них СПВ та нафтопродуктів. Запропоновано заходи з охорони природного середовища та зменшення екологічних ризиків при бурінні нафтогазових свердловин та розробці родовищ вуглеводнів. Супутньо-пластові води є розсолами хлоридними натрієвими розчинами (розсолами), що формуються на великих глибинах і характеризуються великими напорами. В процесі буріння глибоких свердловин і видобування нафти та газу СПВ можуть фонтанувати, виливаючись на земну поверхню. Це призводить до засолення ґрунтів і виведення з обігу великих площ сільськогосподарських земель, забруднення місцевих водозаборів, порушення життєдіяльності флори і фауни, а головне – до негативної дії на організм людини. Запропоновано розбити види забруднення СПВ, що вміщують нафтопродукти на 4 групи: розчинами хлоридного натрієвого складу; нафтопродуктами; токсичними компонентами СПВ та нафтопродуктів; теплове забруднення термальними СПВ. Визначено фактори природної захищеності підземних вод від забруднення. Інтенсивний водообмін в зоні інфільтрації призводить як до швидкого забруднення, так і до швидкого очищення ґрунтових та безнапірних підземних вод. Підземні води, що залягають глибше, за рахунок гідродинамічних напорів виштовхують забруднюючі речовини з водоносних горизонтів і залишаються чистими. Наведено хімічні елементи та сполуки СПВ і нафтопродуктів, що належать до першого, другого та третього класів безпеки. Зазначено наслідки їх негативного впливу на організм людини. Зроблений висновок про необхідність екологічного моніторингу поблизу нафтових і газових промислів. Наголошено на екологічній та економічній доцільності використання СПВ як гідромінеральної сировини для промислового вилучення з них цінних хімічних елементів.

**Ключові слова:** супутньо-пластові води, нафтопродукти, природне середовище, забруднення, природна захищеність, екологічні ризики, ґрунти, ґрунтові води, підземні води.

**Як цитувати:** Суярко Василь. Фактори і процеси забруднення супутньо-пластовими водами та нафтопродуктами природного середовища / Василь Суярко, Олег Улицький, Ольга Сердюкова // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 61. – С. 369-376. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-29>

**In cites:** Suyarko Vasyly, Ulytskyi Oleg, Serdiukova Olga (2024). Factors and processes of natural environment contamination with substitute waters and petroleum products. Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (61), 369-376. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-61-29> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми** – визначити фактори і процеси забруднення супутньо-пластовими водами природного середовища.

**Предмет дослідження** – супутньо-пластові води нафтогазових свердловин.

**Об'єкт дослідження** – фізико-хімічні особливості супутньо-пластових розчинів, що вміщують вуглеводні та процеси їхнього впливу на природні екологічні системи.

**Актуальність теми** дослідження визначається небезпекою супутньо-пластових вод і нафтопродуктів для природних екологічних систем та здоров'я людини.

Однією з найважливіших екологічних проблем, що виникають в процесі пошуку, розвідки

та розробки родовищ вуглеводнів є забруднення природного середовища супутньо-пластовими водами (СПВ) які формуються на великих глибинах і часто вміщують нафтопродукти. СПВ мають хлоридний натрієвий склад, велику мінералізацію, що часто перевищує 150–200 г/дм<sup>3</sup>, лужну реакцію (рН>8), високу температуру (до 100–150°C) і вище. Вони часто забруднені нафтопродуктами і мають у своєму складі хімічні елементи та сполуки нехарактерні для вод інфільтраційної гідрогеодинамічної системи [4, 8]. Все це робить СПВ не лише аномальними для верхньої частини гідрогеологічного розрізу, а й агресивними до інфільтраційних вод ґрунтів та поверхневих вод [12].  
Забруднення СПВ, які разом з нафтопродук-

тами попадають зі свердловин на земну поверхню зазвичай відбувається через затрубні перетоки та поверхневі виливи які часто супроводжуються фонтануванням [1]. Це відбувається не лише під час аварій, а й в процесі буріння глибоких свердловин у звичайному режимі. Витоки СПВ, зокрема, призводять до збільшення мінералізації прісних вод зміни їх складу з гідрокарбонатного (кальцієвого, магнієвого, натрієвого) на гідрокарбонатно хлоридний, а також виникнення у приповерхневих водах контрастних гідрогеотермічних та гідрогеохімічних аномалій вуглеводнів, фенолів, важких металів, рідкісних і розсіяних хімічних елементів тощо. Особливо це стосується ґрунтових вод, які у разі виливів СПВ на земну поверхню, приймають на себе основне екологічне навантаження.

**Сучасний рівень досліджень.** Проблема забруднення природного середовища СПВ та нафтопродуктами серйозно постала в середині минулого століття. Виливи їх із глибоких нафтогазових свердловин завдають все більшої шкоди водопостачанню, поверхневим водоймам та сільському господарству. Інколи це набувало катастрофічних наслідків.

Паралельно все більше уваги стало приділятися впливу різних компонентів забруднення на організм людини. На сьогодні різні аспекти цієї багатогранної проблеми вивчаються не лише екологами, гідрогеологами, геохіміками, агрохіміками а й медиками, біологами та іншими фахівцями. Вони намагаються визначити можливі екологічні ризики від цього, дуже розповсюдженого виду забруднення, а й розробити ефективні методи зниження його негативної дії на різні природні екосистеми. Серед дослідників, які з позицій екологічної геохімії займаються цією проблемою слід назвати американських (P. M. Saint Vinsent, A. Grant, M. D. Reeder, N. J. Pekney, J. Hozchoner), канадських (J. P. Williams, M. Kang), польських (S. Wolkowicz, O. Kozłowska, K. Zglincki), норвезьких (A. Abrahamson, B. Brunstorm, T. Bekke), британських (D. Boesch, N. Rabalais), індійських (R. Priatna, E. Syahbandi) та багатьох інших з різних країн світу.

В Україні значний внесок у дослідження проблеми забруднення СПВ та нафтопродуктами зробили О. Адаменко, М. Огняник, С. Назаренко, В. Колодій, В. Бойко, Р. Гаврилюк, О. Мельник, О. Манюк, В. Суярко, Е. Іванов, Д. Дядін, С. Дригулич, О. Улицький, Н. Німець, Н. Д'яченко та багато інших фахівців. В їх публікаціях розглянуто як загальні екологічні наслідки забруднення природного довкілля СПВ та нафтопродуктами, так і спеціальні аспекти цієї проблеми в основних нафтогазоносних регіонах держави. Хоча в цілому зазначена проблема постійно досліджується, дея-

кі її аспекти залишаються недостатньо вивченими. Саме їх автори і намагалися висвітлити у даній публікації.

**Викладення основного матеріалу.** Супутньо-пластові хлоридні натрієві води і розсоли, які супроводжують родовища вуглеводнів формуються на великих глибинах (1000–1500 м і більше). Через це вони мають високі напори а їх висхідне розвантаження спостерігається як по зонах розломів так і по глибоких свердловинах [4]. Виливаючись на поверхню, СПВ разом з нафтопродуктами насичують пухкі ґрунти четвертинного віку на 1–1,5 % від їх об'єму, проникаючи на глибину –1,5 м і більше [1].

Викиди з нафтогазових свердловин періодично трапляються в процесі буріння, випробування пластів та видобування нафти і газу. Під час значної аварії свердловина в режимі фонтанування за добу може викинути десятки тисяч кубометрів розсолів разом з десятками тон нафтопродуктів. Аварійне неконтрольоване фонтанування може тривати досить довго, забруднюючи все більші і більші площі [3, 12, 21]. Такі ситуації, нажаль, спостерігаються в різних регіонах України.

Моніторинг розповсюдження забруднення соленими розчинами дозволив нам визначити, що у ґрунтових водах і перших від поверхні водоносних горизонтах воно може охоплювати площі у десятки квадратних кілометрів зі швидкістю 1–2 м<sup>2</sup> на добу [7]. Аналогічні показники наводять і інші автори [12,19]. Швидкому розповсюдженню забруднення сприяють товсті шари пухких четвертинних відкладів (ґрунтів) та тріщинуватість вивітрених порід різного віку, що виходять на денну поверхню (крейда, пісковики, вапняки тощо). Цей процес значно прискорюється у породах розбитих густою мережею тектонічних порушень і особливо – в зонах глибинних розломів [8].

На нашу думку, процеси забруднення СПВ, що вміщують нафтопродукти, для більшої конкретизації їх причин і наслідків можна розбити на чотири групи: а) високо мінералізованими хлоридними натрієвими розчинами (розсолами); б) нафтопродуктами; в) токсичними компонентами СПВ та нафтопродуктів; г) теплове забруднення термальними СПВ. При цьому теплове забруднення (на 1–5°C) автори розглядають, як важливий фактор міграційної рухливості різних забруднюючих речовин та активізації фізико-хімічних процесів в природних екологічних системах.

Взаємодія солених розчинів з мінерально-органічним комплексом ґрунтів і вивітрілих осадових порід призводить до входження катіонів Na<sup>+</sup> та K<sup>+</sup> до поглинаючого мінерального комплексу. Внаслідок цього утворюються солонцюваті ґрунти або «солончаки», що характеризуються певними геохімічними особливостями: присут-

ністю органічного карбону ( $C_{орг}$ ), відновлювальними процесами в них ( $Eh < 0$ ) та формуванням тут специфічних форм міграції у вигляді хлоридних комплексних сполук [8, 14].

Логічним наслідком засолення ґрунтів є суттєве підвищення в них концентрацій NaCl – (до 5 % і більше від об'ємної маси), а також різке збільшення (часто – на 1–2 порядки величини мінералізації ґрунтових вод). З гідрокарбонатних кальцієвих (магнієвих, натрієвих), нейтральних (рН 6,8–7,2), прісних або слабомінералізованих ( $M 1,0-3,0 \text{ г/дм}^3$ ), вони перетворюються в гідрокарбонатні хлоридні та хлоридні гідрокарбонатні натрієві з величиною рН до 7,6–7,8 і мінералізацією від 5 до 10 а іноді до 30–35  $\text{г/дм}^3$  [2, 14]. Це стає причиною виведення великих площ родючих чорноземів з сільськогосподарського обігу, оскільки у рослин під дією солених ґрунтових вод відбуваються різкі зміни в організації клітинних комплексів росту – збільшується хаотичність і зменшується впорядкованість процесів, які відбуваються в клітинах рослин. Результатом таких змін є гальмування метаболічних процесів, які регулюють зростання, а відтак – і урожайність сіль-

ськогосподарських рослин [2, 14].

Геохімічний тип СПВ в різних нафтогазоносних регіонах є хлоридним натрієвим. Тому помітне збільшення соленості (на смак) у неглибоких колодязях разом з присутністю нафтопродуктів (смак, запах, колір) як поблизу нафтогазових промислів так і окремих пошуково-розвідувальних свердловин на нафту і газ однозначно свідчать про забруднення питних вод СПВ та нафтопродуктами.

СПВ (розсоли) вміщують понад 50 мікроелементів, більше 30 з яких є металами [8,10,14,18]. Більшість з них у великих (> ГДК) концентраціях за довготривалого вжитку негативно впливають на організм людини (табл. 1).

Динаміка ґрунтових і підземних вод зони вільного водообміну має великий вплив на забруднення підземної гідросфери. Швидке розповсюдження в них забруднюючих речовин обумовлюється великими швидкостями фільтрації, що змінюється від 0,1 до 1,0 м/добу. В водах руслового алювію та закарстованих карбонатних і галогенних породах ці швидкості досягають 100–150 м/добу, а іноді й більше [8].

Таблиця 1 / Table 1

Небезпечні для організму людини мікроелементи та сполуки у супутньо-пластових водах [7, 8] /  
Microelements and compounds in associated formation waters that are dangerous to the human body [7, 8]

Клас токсичності (небезпеки)	Мікроелементи та сполуки	Вплив на організм людини
I	Hg, As, Sb U, NO <sub>2</sub> . NH <sub>4</sub> , Pb, P, F, бензоперен, асфальтени	Нервова, кровоносна, серцево-судинна, статева, генна системи; печінка, нирки, кістяк, ракові пухлини
II	B, Li, Br, I, Cu, Cr, Zn, NO <sub>3</sub> , бензол, гексанол, фенол, хлороформ, ізопропилацетат	Нервова, кровоносна, статева, генна системи; печінка, ракові пухлини
III	Ba, Sr, Cl, S, ксилол, ізобутелен, ацетон	Кровоносна, серцево-судинна системи; шлунково-кишковий тракт

Слід зазначити, що гарні фільтраційні властивості підземних вод зони інфільтрації, з одного боку сприяють швидкому їх забрудненню, а з іншого – швидкому їх очищенню завдяки інтенсивному водообміну.

Інтенсивність і масштаби хлоридно-натрієвого забруднення ґрунтів регулюються геохімічними властивостями мінералів водовміщуючих порід, а також складом міжзернового цементу пісковиків та інших теригенних порід. Розчинення карбонатів – крейди, вапняків, мергелів, тощо призводить до переходу у солені розчини катіонів Ca<sup>2+</sup>, які є одним із основних компонентів обмінних реакцій у системі «порода – вода». За рахунок утворення хімічно інертних карбонатних комплексів забезпечується видалення із забруднених вод багатьох шкідливих компонентів. Катіонний обмін є процесом урівноваження системи «порода –

вода» за Законом діючих мас [3, 8].

Серед забруднюючих речовин є багато таких, що мають негативний заряд (суспензійно-глинисті, вуглеводневі фракції, тощо). Між катіонами Ca<sup>2+</sup> і аніонами, що представлені різними атомами та молекулами, у водному розчині відбуваються реакції, внаслідок яких утворюються комплексні сполуки, що швидко випадають в осад на стінках порід-колекторів [8].

Важливу роль у природній захищеності ґрунтових вод відіграє перший від поверхні локальний або й регіональний водотрив, який, зазвичай, представлений глинистими породами. Він є основним фізико-хімічним бар'єром на шляху міграції СПВ та нафтопродуктів [8, 12]. Через це проникнення забруднюючих потоків у нижні безнапірні горизонти підземних вод припиняється або сильно гальмується. Води напірних горизонтів, що

характеризуються висхідним розвантаженням, самі, завдяки напорам, стримують проникнення в них забруднюючих речовин [8].

Нафта і нафтопродукти, що виливаються зі свердловин, можуть утворювати як суцільні потоки, так і скупчення дисперсних часток суспензійних розмірів. В процесі міграції в ґрунтах і ґрунтових водах самостійні фази нафтопродуктів відносно вільно переміщуються до першого механічного бар'єру (часто – непроникних глинистих порід), формуючи лінзи, які знаходяться над дзеркалом ґрунтових вод [12], а суспензії нафтопродуктів мігрують далі доти, доки їх компоненти не нейтралізуються внаслідок обмінних реакцій [9,15]. Експериментально встановлено, що краплинки нафти діаметром 0,5–1,5 мк за концентрації нафти у воді 20–40 млн<sup>-1</sup>, вільно проходили крізь пісок [13]. Оскільки частки нафти такого розміру мають негативний заряд, вони відштовхуються одна від одної (а не коагулюють), утворюючи більші за розмірами скупчення. Це відбувається, переважно тоді, коли їхня міграція стає обмеженою. Таким чином, дисперговані частки нафти можуть здійснювати міграцію у ґрунтових водах на великі відстані, що вимірюються кілометрами. В процесі міграції негативно зарядженні крапельки нафти притягуються позитивно зарядженими частками порід і ґрунтів. Такими, наприклад, можуть бути катіони заліза (Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>), алюмінію (Al<sup>+3</sup>), цинку (Zn<sup>+2</sup>) та інших металів.

Внаслідок цього утворюються стійкі хелатні комплекси з обмеженою міграційною здатністю, що забезпечує поступове очищення ґрунтів від нафтопродуктів [17].

Якщо в ґрунтах вуглеводневе забруднення гальмується процесами сорбції, то у підземних і ґрунтових водах воно розповсюджується на великі площі. Окремі нафтові фракції можуть розчинятися у воді. Величини їх розчинності (мг/дм<sup>3</sup>) є досить значними: бензин – 9–505; керосин 2–5; дизельне пальне 8–22; загальні нафтопродукти – 10–50. Таким чином, окремі вуглеводні, що входять до складу нафти, є легкорозчинними у воді. Через це у природних водах у великих кількостях присутні різноманітні вуглеводневі сполуки, феноли та органічні кислоти. Проте, найчастіше серед них фіксуються метанові і парафінові вуглеводні з розчинністю метану – 24,4 мг/дм<sup>3</sup> та етану 60,4 мг/дм<sup>3</sup>, а також ароматичні вуглеводні з розчинністю бензолу – 1780 мг/дм<sup>3</sup>, толуолу – 515 мг/дм<sup>3</sup>, ксилолу – 175 мг/дм<sup>3</sup>. У підземних водах забруднених нафтопродуктами, зустрічаються також сполуки, що вміщують кисень (карбонатні кислоти – оцтова, мурашина, саліцилова), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), нафтеніві кислоти, феноли тощо [3, 5,19].

Більшість нафтопродуктів у питних водах становить велику небезпеку для організму людини. ГДК для них знаходиться в інтервалі 0,1–0,3 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2).

Таблиця 2 / Table 2

Гранично допустимі концентрації та класи небезпеки деяких компонентів вуглеводневого забруднення підземних вод [8] /

Maximum permissible concentrations and hazard classes of some components of hydrocarbon pollution of groundwater [8]

№ п/п	Вуглеводневі компоненти	ГДК, мг/дм <sup>3</sup>	Клас небезпеки
1.	Бензопірен	0,001	1
2.	Етилацетат	0,2	2
3.	1,2-дихлоретан	0,02	2
4.	Бензол	0,5	2
5.	3-гексанол	0,01	2
6.	Ізопропілацетат	0,2	2
7.	Феноли	0,001	3
8.	Загальні нафтопродукти	0,1-0,3	2

Проблема забруднення навколишнього природного середовища не вирішується без розробки та удосконалення методик, спрямованих на зниження екологічних ризиків, що пов'язані з бурінням нафтогазових свердловин та видобуванням вуглеводнів.

Серед основних технологічних прийомів, що запобігають забрудненню і використовуються в процесі буріння: надійна герметизація затрубного простору; ізоляція продуктивних пластів; зниження токсичності хімічних реагентів у бурових

промивальних рідинах та надійна ізоляція амбарів-накопичувачів з СПВ від ґрунтових та підземних вод [1, 3, 10].

Найдоцільнішим методом знешкодження СПВ, що виливаються на земну поверхню, є використання їх як гідромінеральної сировини з метою промислового вилучення галогенів (Br, S, Cl), рідкісних лугів (Ls, Rb, Sc) та широкого спектра інших цінних хімічних елементів. Оскільки гідромінеральна сировина у вигляді розчинів різноманітного хімічного складу десятки років ши-

роко використовується як природний ресурс у різних країнах світу (США, Канада, Італія, Японія, Ізраїль, Німеччина та ін.), ця проблема в Україні вже давно повинна переміститися з теоретичної у практичну площину. Це питання постійно дискутується в роботах як вітчизняних [5, 7], так і іноземних дослідників [14, 18].

Давно відомо, що для знешкодження СПВ їх можна захоронувати у глибокі поглинаючі горизонти. Такий метод застосовується на більшості нафтогазових свердловин України. Перед його застосуванням слід уважно дослідити геологічну будову та структурно-тектонічні особливості району захоронення, визначивши надійність герметичності геологічних структур, яка б виключала висхідне розвантаження захоронених рідин по зонах гідродинамічно відкритих розломів. У разі витискання назад, до земної поверхні, захоронені СПВ можуть забруднювати не лише ґрунти, ґрунтові та безнапірні води зони вільного водообміну, а й підземні води водоносних горизонтів і комплексів, що використовуються для централізованого водопостачання. Такі випадки не раз спостерігалися в районах де геологічні породи інтенсивно розбиті розривними порушеннями глибокого закладання [7].

Скидання СПВ з нафтопродуктами по земній поверхні з використанням рельєфу місцевості (балки, яри, кар'єри тощо) є дешевим і водночас дуже небезпечним методом видалення цих агресивних солених розчинів від місць виліву, якими є нафтогазові свердловини. Такі дії призводять не лише до засолення ґрунтів, а й до інших небезпечних наслідків у підземних водах та поверхневих водоймах (як це описано вище). Саме тому скидання СПВ у водойми жорстко обмежується Законами України, державними нормативами та необхідністю отримання відповідних офіційних дозволів.

Сучасними методами знешкодження СПВ та нафтопродуктів є очищення їх із застосуванням хімічних реагентів зокрема демінералізаторів та деемульгаторів [6]. Ці методи доцільно застосовувати перед захороненням СПВ та нафтопродуктів у поглинаючі горизонти, скиданням їх у водойми а також при зберіганні в амбарах-накопичувачах. Деякі закордонні компанії успішно застосовують для демінералізації СПВ метод електролізу [14].

Існує також багато інших методів зменшення екологічного навантаження СПВ і нафтопродуктів на природні екологічні системи. Деякі з них вже давно використовуються в Україні, а решта ще потребує обґрунтування доцільності їх використання та впровадження в практику нафтогазовидобування.

**Висновки.** Проведене авторами статті дослідження дозволяє зробити наступні висновки:

1. Супутньо-пластові води (СПВ), що вили-

ваються на поверхню з глибоких нафтогазових свердловин, є високомінералізованими хлоридними натрієвими розчинами (розсолами), що характеризуються мінералізацією до 150–200 г/дм<sup>3</sup> і більше, високою температурою, яка інколи перевищує 150<sup>0</sup>С, лужністю (рН 8–9) та хімічною агресивністю. Вони формуються у глибоких горизонтах літосфери, супроводжуючи скупчення вуглеводнів і мають високі напори. В процесі буріння пошуково-розвідувальних свердловин та видобування нафти і газу, СПВ, які зазвичай вміщують нафтопродукти, можуть фонтанувати, виліваючись на денну поверхню та забруднюючи ґрунти, ґрунтові та безнапірні підземні води, а також поверхневі води. Це призводить до засолення ґрунтів і вилучення з обігу великих площ сільськогосподарських угідь, забруднення та виведення з ладу місцевих водозаборів, порушення життєдіяльності флори і фауни, а головне – до важких неінфекційних захворювань у людей.

2. Забруднення природного середовища СПВ, що вміщують нафтопродукти, можна поділити на 4 види: а) високомінералізованими хлоридними натрієвими розсолами; б) загальними нафтопродуктами; в) токсичними компонентами СПВ та нафтопродуктів; г) термальними розсолами (теплове забруднення). З усіма цими видами забруднення можна успішно боротися лише за умови врахування природних геологічних, гідрогеологічних, еколого-геохімічних та геоморфологічних особливостей територій досліджень, а також факторів і процесів його розповсюдження.

3. Серед великої кількості хімічних елементів та сполук, що входять до складу СПВ та нафтопродуктів, є такі, що належать до найнебезпечніших і відповідають першому, другому і третьому класу токсичності. Їх концентрації часто на порядки перевищують норми ГДК і тому за умови довготривалого вживання вони можуть стати причиною тяжких неінфекційних захворювань у людини. Через це поблизу нафтогазових промислів необхідно запроваджувати постійний екологічний моніторинг ґрунтів, ґрунтових, підземних та поверхневих вод.

4. Природні води – найкраще середовище міграції забруднюючих речовин, а їх природня захищеність дозволяє їм, навіть в умовах величезних антропогенних навантажень, залишатися придатними для використання. Основну роль в захищеності вод відіграє їх динаміка.

Гарні фільтраційні властивості гірських порід в зоні вільного водообміну, з одного боку сприяють їх швидкому забрудненню, а з іншого – завдяки інтенсивному водообміну, забезпечують їх швидке очищення. Важливу роль у природній захищеності ґрунтових вод відіграє перший від поверхні водотривкий горизонт, представлений,

як правило, глиною або суглинком і який є бар'єром на шляху міграції СПВ та нафтопродуктів. Підземні води водоносних горизонтів, що залягають глибше, завдяки гідростатичним напорам і висхідному розвантаженню, самі стримують проникнення в них як солених пластових вод і нафтопродуктів, так і інших забруднюючих речовин.

5. Одним з найкращих методів зниження екологічних ризиків від забруднення СПВ природного середовища в Україні може стати використання цих розсолів як гідромінеральної сировини

з метою вилучення з них галогенів, рідкісних лугів, тощо. Економічна доцільність методу підтверджується використанням розчинів різноманітного хімічного складу та мінералізації і, передусім, розсолів, у країнах передових технологій (США, Канада, Японія, Італія, Ізраїль, Німеччина та ін.) для вилучення з них багатьох цінних хімічних елементів. Такий підхід не лише зменшить витрати на боротьбу із забрудненням, а й забезпечить екологічний та економічний ефект від промислового використання СПВ.

#### Список використаної літератури

1. Бойко В. С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ / В. С. Бойко. – Київ: Реал-Принт, 2004. – 693 с.
2. Гаванюк Н. Р. Механізм дії мінералізованої (пластової) води на сільськогосподарські рослини / Н. Р. Гаванюк // 36.: Символ дерева у світовій культурі та художній творчості: Науковий вісник, 2006, вип. 16.4 – С.178–186.
3. Дядін Д. В. Гідрохімічні показники осередків забруднення підземних вод на родовищах Східного нафтогазоносного басейну / Д. В. Дядін // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2017. – № 1 (15). – С. 3–47.
4. Колодій В. В. Нафтогазова гідрогеологія / В. В. Колодій, І. В. Колодій, Б. Й. Маєвський: Підручник для ВНЗ. – Ів.-Франківськ: Факел, 2009. – 184 с.
5. Німець Н. М. Комплексний аналіз деяких моделей екологічної безпеки супутньо-пластових вод нафтоконденсатних родовищ / Н. М. Німець, Т. В. Брусенцева, Н. С. Цапко // Вісник НЕУ, «ХП», 2020. – № 6. – С. 35–41.
6. Родовенчик Я. В. Нова концепція знешкодження шахтних вод та концентратів в процесі водоочищення / Я. В. Родовенчик, М. Д. Гомеря, В. М. Родовенчик // Вісник НТУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Серія: хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2020. – № 1. – С. 43–49.
7. Суярко В. Г. Екологія підземної гидросфери Донбасу / В. Г. Суярко. – Київ: Знання, 1995. – 69 с.
8. Суярко В. Г. Геохімія підземних вод восточної частини Дніпровско-Донецького авлакогена / В. Г. Суярко. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2006. – 225 с.
9. Суярко В. Г. Особливості забруднення підземних вод у зонах впливу нафтогазопромислів / В. Г. Суярко, О. О. Сердюкова // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2010. – № 294. – С. 222–225.
10. Суярко В. Г. Прогнозування, пошук та розвідка родовищ вуглеводнів / В. Г. Суярко: Підручник для ВНЗ. – Харків: Фоліо, 2015. – 413 с.
11. Троценко А. В. Дослідження впливу на навколишнє середовище місць зберігання нафтошлаків / А. В. Троценко, П. Г. Дригулич, А. В. Пукіш // Екологічна безпека та раціональне природокористування, 2010. – 14 (23). – С. 171–177.
12. Улицький О. Дослідження забруднених нафтопродуктами верхніх водоносних горизонтів за допомогою математичного моделювання / О. Улицький, Н. Д'яченко, А. Соколов, О. Сердюкова // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2023. – № 59. – С. 44–54. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-04>
13. Al-Ghouti. Produced water characteristics, treatment and reuse: a review / M. A. Al-Ghouti, M. A. Al-Kaubi, M.Y. Asfaq, D.A. Dana // Journal of Water Process Engineering, 2019, 28. – Pp. 222–239.
14. Azetsu-Scott K. Precipitation of heavy metals in produced water: influence on contaminate transport and toxicity / K. Azetsu-Scott, P. Yeats, G. Wohlgeschaffen, J. Dalziel, S. Niven, K. Lee // Marine Environmental Research, 2007. – 63(2). – Pp. 146–167.
15. Barron M.G. Long-term ecological impacts from oil spills: comparison of Exxon Valdez, Hebel Spirit and Deepwater Horizon / M.G. Barron, D. N. Vivian, R. A. Heintz, U. H. Yim // Environmental Science Technology, 2020, 54(11). – Pp. 6456–6467.
16. Boesch D. Biological effects of drilling fluids, drill cuttings and produced waters / D. Boesch, N. N. Rabalals (Eds.) / Long-term Environmental Effects of Offshore Oil and Gas Development, Elsevier Applied Science Publishers, London, 1987. – Pp. 496–538.
17. Cartmill J.C. Flow of a disperse emulsion of crude oil in water through porous media / J.C. Cartmill // AAPG Bull., 54, 1970. – Pp. 2438–2447.
18. Fabota P. Heavy metal pollution and ecological geochemistry of soil impacted by activities of oil industry in the Niger Delta, Nigeria / P. Fabota, C. Ogun Kunle, O. Folarin, F. Oladele // Environmental Earth Sciences, 2016, 75(4). – Pp. 1–9.
19. Grant A. Toxicity of sediments from around a North Sea oil platform: are metals or hydrocarbons responsible for ecological impacts? / A. Grant // Mar. Environ Res., 2002. – pp. 95–116.
20. Zabbey N. Conflicts – Oil and water / N. Zabbey, G. J. Obsson // Global Challenges, 1(5), 2017. – Pp. 1–10.

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

## Factors and processes of natural environment contamination with substitute waters and petroleum products

Vasyl Suyarko<sup>1</sup>

DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Department of Fundamental and Applied Geology,

<sup>1</sup> V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine;

Oleg Ulytskyi<sup>2</sup>

DSc (Geology), Professor, Leading Researcher,

<sup>2</sup> SE "Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine", Kyiv, Ukraine;

Olga Serdiukova<sup>1</sup>

Senior Lecturer, Department of Fundamental and Applied Geology

### ABSTRACT

**Statement of the problem** determine the factors and processes of contamination of the natural environment with secondary stratum waters.

**The subject** of the research is associated reservoir waters of oil and gas wells.

**The object of the study** is the physical and chemical features of associated reservoir solutions containing hydrocarbons and the processes of their influence on natural ecological systems.

**The relevance of the research topic** is determined by the danger of accompanying reservoir waters and oil products for natural ecological systems and human health. Factors and processes of pollution of the natural environment due to leaks of associated formation water (SW) and oil products in the process of search, exploration and exploitation of hydrocarbon deposits are considered. The mechanisms and ecological consequences of this phenomenon, as well as the level of danger of individual pollutant components, were analyzed. Changes in natural ecosystems as a result of the arrival of sewage sludge and petroleum products into them were studied. Measures to protect the natural environment and reduce environmental risks during drilling of oil and gas wells and development of hydrocarbon deposits are proposed. Accompanying formation waters are brines of sodium chloride solutions (brines) formed at great depths and characterized by high pressures. In the process of drilling deep wells and extracting oil and gas, sewage sludge can gush out onto the earth's surface. This leads to salinization of soils and withdrawal of large areas of agricultural land from circulation, pollution of local water intakes, disruption of the vital activity of flora and fauna, and most importantly – to a negative effect on the human body. It is proposed to divide the types of pollution of sewage containing petroleum products into 4 groups: sodium chloride solutions; petroleum products; toxic components of sewage sludge and petroleum products; thermal pollution by thermal SW.

**Results.** The factors of natural protection of underground water from pollution have been determined. Intensive water exchange in the infiltration zone leads to both rapid pollution and rapid purification of groundwater and non-purified groundwater. Underground waters that lie deeper, due to hydrodynamic pressures, push pollutants out of aquifers and remain clean. The chemical elements and compounds of hazardous waste and oil products belonging to the first, second and third classes of danger are given. The consequences of their negative impact on the human body are indicated. A conclusion was made about the need for environmental monitoring near oil and gas industries. The environmental and economic expediency of using SW as a hydro-mineral raw material for the industrial extraction of valuable chemical elements from them is emphasized.

**Keywords:** accompanying reservoir waters, oil products, natural environment, pollution, natural protection, ecological risks, soils, groundwater, underground water.

### References

1. Boyko V. S. (2004). *Development and exploitation of oil fields*. Kyiv: Real-Print, 693.
2. Gavanyuk N. R. (2006). *Mechanism of action of mineralized (formation) water on agricultural plants*. Collection: *Symbol of the tree in world culture and artistic creation: Scientific Bulletin*, 16.4, 178–186.
3. Dyadin D. V. (2017). *Hydrochemical indicators of groundwater pollution centers in the fields of the Eastern oil and gas basin*. *Environmental safety and balanced resource use*, 1(15), 3–47.
4. Kolodiy V. V., Kolodiy I. V., Mayevsky B. Y. (2009). *Oil and gas hydrogeology. Textbook for universities*. Ivano-Frankivsk: Fakel, 184.
5. Nimets N. M., Brusentseva T. V., Tsapko. N. S. (2020). *Comprehensive analysis of some models of environmental safety of associated formation waters of oil condensate deposits*. *Bulletin of NEU, "KhPI"*, 6. 35–41.
6. Rodovenchyk Ya. V., Gomerya M. D., Rodovenchyk V. M. (2020). *New concept of neutralization of mine waters and concentrates in the process of water purification*. *Bulletin of NTU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*. Series: *chemical engineering, ecology and resource conservation*, 1, 43–49.
7. Suyarko V. G. (1995). *Ecology of the underground hydrosphere of Donbass*. Kyiv: Znannya, 69.
8. Suyarko V. G. (2006). *Geochemistry of groundwater of the eastern part of the Dnieper-Donetsk aulacogen*. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU, 225.
9. Suyarko V. G., Serdyukova O. O. (2010). *Features of groundwater contamination in zones of influence of oil and gas industries*. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (294), 222–225.

10. Suyarko V. G. (2015). *Forecasting, search and exploration of hydrocarbon deposits. Textbook for universities.* Kharkiv: Folio, 413.
11. Trotsenko A. V., Drygulych P. G., Pukish A. V. (2010). *Research on the impact of oil and slag storage sites on the environment. Environmental safety and rational use of nature*, 14(23), 171–177.
12. Ulytsky O., Diachenko N., Sokolov, A., & Serdiukova O. (2023). *Studies of oil product pollution in the aeration zone by mathematical modelling. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (59), 44-54. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-04>
13. Al-Ghouti M. A., Al-Kaubi M. A., Asfaq M. Y., Dana D. A. (2019). *Produced water characteristics, treatment and re-use: a review. Journal of Water Process Engineering*, 28, 222–239.
14. Azetsu-Scott K., Yeats P., Wohlgeschaffen G., Dalziel J., Niven S., Lee K. (2007). *Precipitation of heavy metals in produced water: influence on contaminate transport and toxicity. Marine Environmental Research*, 63(2), 146–167.
15. Barron M. G., Vivian D. N., Heintz R. A., Yim U. H. (2020). *Long-term ecological impacts from oil spills: comparison of Exxon Valdez, Hebel Spirit and Deepwater Horizon. Environmental Science Technology*, 54(11), 6456–6467.
16. Boesch D., Rabalais N. N. (Eds.) (1987). *Biological effects of drilling fluids, drill cuttings and produced waters. Long-term Environmental Effects of Offshore Oil and Gas Development, Elsevier Applied Science Publishers, London*, 496–538.
17. Cartmill J.C. (1970). *Flow of a disperse emulsion of crude oil in water through porous media. AAPG Bull.*, 54, 2438–2447.
18. Fabota P., Ogun Kunle C., Folarin O., Oladele F. (2016). *Heavy metal pollution and ecological geochemistry of soil impacted by activities of oil industry in the Niger Delta, Nigeria. Environmental Earth Sciences*, 75(4), 1–9.
19. Grant A. (2002). *Toxicity of sediments from around a North Sea oil platform: are metals or hydrocarbons responsible for ecological impacts? Mar. Environ Res.*, 95–116.
20. Zabbey N., Obsson G. J. (2017). *Conflicts – Oil and water. Global Challenges*, 1(5), 1–10.

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 21 October 2024

Accepted 24 November 2024