

Виробничий досвід

УДК 614.75:622

ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ПОВОДЖЕННЯ З НАСОСНО-КОМПРЕСОРНИМИ ТРУБАМИ, ЩО ЗАБРУДНЕНІ ПРИРОДНИМИ РАДІОНУКЛІДАМИ

П.Г. Дригулич¹, А.В. Пукіш², В.А. Новославський¹, М.П. Шнек³

¹ПАТ „Укрнафта”; 04053, м. Київ, Несторівський провулок 3-5, тел. (044) 2725456,
e-mail: PDrygulych@ukrnafta.com

²Науково-дослідний і проектний інститут ПАТ „Укрнафта”;
76019, м. Івано-Франківськ, Північний бульвар ім. О. Пушкіна, 2, тел. (03422) 48329,
e-mail: pukish@ndpi.ukrnafta.com

³СП «Бориславська нафтова компанія»; 82300, Львівська обл., м. Борислав, вул. Шкільна, 28а
тел. (03248) 42783, e-mail: pzy@ukr.net

Проаналізовано проблемні аспекти поводження з насосно-компресорними трубами та іншим обладнанням, що забруднені природними радіонуклідами. Проведено моніторингові дослідження стосовно забруднення нафтогазового обладнання радіоактивними речовинами. Розглянуто методи гідродинамічного та механічного очищення НКТ від мінеральних відкладень з NORM. Зроблено висновки щодо ефективності використання різних методів очищення. Запропоновано подальші напрями досліджень.

Ключові слова: нафтогазова галузь України, радіаційна безпека, техногенно-підсилені джерела природного походження, природні радіонукліди, NORM, джерела іонізуючого випромінювання, насосно-компресорні труби, трубопроводи, супутньо-пластові води, мінеральні відкладення, потужність експозиційної дози, питома активність, щільність потоку α - і β -частинок.

Проанализированы проблемные аспекты обращения с насосно-компрессорными трубами и другим оборудованием, загрязненными естественными радионуклидами. Проведены мониторинговые исследования по загрязнению нефтегазового оборудования радиоактивными веществами. Рассмотрены методы гидродинамической и механической очистки НКТ от отложений с NORM. Сделаны выводы относительно эффективности использования различных методов очистки. Предложено дальнейшие направления исследований.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль Украины, радиационная безопасность, техногенно усиленные источники природного происхождения, природные радионуклиды, NORM, источники ионизирующего излучения, насосно-компрессорные трубы, трубопроводы, сопутствующее-пластовые воды, минеральные отложения, мощность экспозиционной дозы, удельная активность, плотность потока α - и β -частиц.

The article analyzes the problematic aspects of handling tubing and other equipment contaminated with natural radionuclides. The monitoring study of the oil and gas equipment contamination with radioactive substances was conducted. The methods for hydrodynamic and mechanical tubing cleaning from the deposits with NORM were considered. The conclusions on effectiveness of different cleaning methods were made. Further study trends were suggested.

Key words: oil and gas industry of Ukraine, radiation safety, technologically enhanced natural sources, natural radionuclides, NORM, sources of ionizing radiation, tubing, pipelines, associated formation water, mineral deposits, exposure dose rate, specific activity, flux density of α - and β -particles.

Вступ. Радіаційна безпека в Україні, як фактор техногенного впливу на довкілля набула особливої актуальності після аварії на Чорнобильській атомній електростанції. При цьому основне спрямування вітчизняних наукових досліджень стосовно радіоактивного випромінювання розглядалось виключно в контексті

ядерної енергетики. Інші джерела іонізуючого випромінювання у різних сферах промисловості вважались другорядними. Тому їм приділялось вкрай мало уваги, як таким, що не становлять небезпеки, порівняно з більш потужними

техногенними джерелами іонізуючого випромінювання.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних публікацій. Проблема, пов'язана із забрудненням нафтопромислового обладнання та довкілля нафтогазовидобувних регіонів природними радіонуклідами – радієм, торієм та калієм, виникла відносно недавно. Першими науковцями, які почали займатися вивченням цієї проблеми в Україні, були В.О. Шумлянський, А.Г. Субботін, А.Х. Бакаржів, М.Ю. Журавель та ін. [1]. Значним внеском у вивчення проблеми радіаційної безпеки стали наукові дослідження А. М. Сердюка, І. П. Лося, А.В. Матошка, О.Д. Саргош, О.С. Загорулька, О.В. Катрушова, Т.О. Павленко, М.В. Аксьонова, Н.Д. Шабуніна, О.Є. Тарасюк та багатьох ін. [2, 3, 4]. Згідно досліджень [1] встановлено мінеральний склад відкладень на внутрішній поверхні НКТ – це радіонукліди ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{214}Pb , ^{212}Pb , ^{228}Ac . Новими дослідженнями [4], крім раніше виявлених, доведено наявність наступні радіонукліди ^{223}Ra , ^{227}Th , ^{210}Pb , ^{235}U . Проте проблеми нафтогазової галузі України (НГУ) у сфері радіаційної безпеки висвітлені лише в окремих публікаціях, і на даному етапі не вирішують проблеми зменшення обсягів накопичення природних радіонуклідів та безпечного поводження з ними.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. На окремих об'єктах НГУ природні радіонукліди або згідно з [5, 6] техногенно-підсилені джерела природного походження (ТПДПП) з'являються в результаті підйому на поверхню супутньо-пластових вод під час видобування вуглеводнів і подальшого осадження мінеральних солей та інших утворень на поверхні обладнання, що призводить до концентрування природних радіонуклідів і збільшення їх активності порівняно з природним фоном. ТПДПП на об'єктах НГУ можуть бути у твердому, рідкому та газоподібному стані. Самі ТПДПП (мінеральні відкладення, шлами, плівки, виділення газів тощо) та техногенні об'єкти, що їх вміщують: насосно-компресорні труби, нафтопроводи, водоводи, резервуари тощо, можуть бути реальною загрозою для персоналу (іонізуюче опромінення), а при відсутності контролю – для навколишнього середовища та населення.

Для забезпечення радіаційної безпеки на об'єктах НГУ в процесі поводження з природними радіоактивними речовинами (англ. Naturally-Occurring Radioactive Materials – NORM) [7] необхідно врахувати світовий досвід та напрацювання вітчизняних науковців і розробити цілий ряд заходів та нормативних документів.

Викладення основного матеріалу. Накопичення ТПДПП відбувається на багатьох нафтогазових родовищах України. На окремих родовищах північної прибортової зони Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) максимальні рівні потужності експозиційної дози забруд-

нення від промислового обладнання можуть сягати до 6000 мкР/год. На нафтових родовищах Прикарпаття на деяких виробничих об'єктах також спостерігаються підвищені рівні потужності експозиційної дози, але вони є значно нижчими від показників у ДДЗ.

У 1991 році Північно-Східним науковим центром НАН України вперше було встановлено радіоактивне забруднення нафтопромислового обладнання на об'єктах ПАТ «Укрнафта» [1, 7]. Проведеним радіоекологічним моніторингом виявлено ряд аномалій практично на всіх нафтових родовищах НГВУ «Охтирканафтогаз». Пізніше радіаційна обстановка уточнювалась на інших родовищах видобувних підприємств ПАТ «Укрнафта» Північно-Східного регіону України. Максимальні рівні потужності експозиційної дози було виявлено від промислового обладнання НГВУ «Охтирканафтогаз». Для НГВУ «Чернігівнафтогаз» та НГВУ «Полтаванафтогаз» радіоактивність не перевищувала 1000 мкР/год. Найбільш часто радіоактивні аномалії виявляли в межах Талалаївського – Рибальського нафтогазових родовищ з максимальними значеннями на Артюхівському, Анастасівському і Коржівському родовищах.

Також названою науковою установою були проведені відповідні дослідження у Передкарпатській нафтогазоносній області, на об'єктах НГВУ «Долинанафтогаз», «Надвірнанафтогаз» та «Бориславнафтогаз». Підвищені рівні потужності експозиційної дози виявлено було лише на окремих об'єктах [8]. На даний час моніторингові спостереження за станом радіаційної безпеки виробничих об'єктів із залученням сторонніх науково-дослідних установ не проводяться. Дослідження виконують відділи екології та радіаційної безпеки зазначених підприємств та органи МОЗ.

З метою перевірки стану радіаційної безпеки проведено моніторингові спостереження на об'єктах НГВУ «Долинанафтогаз». Для виконання замірів використано радіометр СРП-88. Прилад метрологічно повірений, через кожні дві години за допомогою контрольного джерела перевірялась його чутливість і через кожну годину – режим живлення приладу. Обстеження обладнання, яке використовували в процесі розробки нафтогазових родовищ, показало, що труби та штанги, які вилучали зі свердловин для зачистки та ремонту, мають досить неоднорідні показники потужності експозиційної дози. Так, при обстеженні 20 труб та штанг у ремонтному цеху потужність експозиційної дози коливалась в межах від 3 до 28 мкР/год. Крім того, було помічено зміни потужності експозиційної дози по довжині труби. Отримані результати дають змогу стверджувати, що деякі труби мають підвищені значення потужності експозиційної дози, і складування значної кількості такого обладнання в одному місці хоча і не несе небезпеки для населення, але може бути небезпечним безпосередньо для працівників підприємства.

Крім того, заміри потужності експозиційної дози проводилися на кушовій насосній ста-



Рисунок 1 – Майданчик НГВУ «Охтирканафтогаз» для тимчасового зберігання НКТ, забрудненого природними радіонуклідами

нції № 7 та на груповому зборі нафти і газу № 3. При обстеженні обладнання первинної обробки нафти було виявлено наступну закономірність. На згонах труб спостерігався підвищений рівень радіації, на різних установках потужності експозиційної дози коливалась в межах від 40 до 125 мкР/год. При цьому резервуари, до яких були під'єднані трубопроводи, підвищеною радіацією не характеризувалися.

Слід зазначити, що в цілому по території вказаних вище об'єктів значних відхилень потужності експозиційної дози від фонових показників виявлено не було, не було виявлено таких аномалій і на території села Яворів Долинського району, що знаходиться в безпосередній близькості до території нафтогазовидобування.

Відповідно до вимог нормативних актів всі відпрацьовані насосно-компресорні труби та інше обладнання на даний час зберігають на спеціально облаштованих майданчиках тимчасового зберігання і передають на державні спеціалізовані комбінати Корпорації УкрДО «Радон». Однак, через переповнення складу на пункті захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ) Державного спеціалізованого підприємства Харківського державного міжобласного спецкомбінату (ДСП ХДМСК) та відмову інших спеціалізованих підприємств, у зв'язку із заборонаю відповідних державних органів, було призупинено надання послуг з приймання матеріалів та обладнання, забрудненого NORM. В той час на підприємствах НГВУ забруднене обладнання накопичується у значних обсягах на майданчиках для тимчасового зберігання (рис. 1). Такі майданчики облаштовані майже у всіх видобувних підприємствах ПАТ «Укрнафта». Через значні обсяги утворення забрудненого NORM обладнання особливо гостро проблема стоїть в НГВУ «Охтирканафтогаз». Ситуація жодним чином не вирішується вже декілька років. Через негативне ставлення населення до «радіації» зрос-

тає соціальна напруга у місцях їх тимчасового зберігання.

У нашій країні існує чимало теоретичних розробок і дослідних зразків установок для дезактивації обладнання від NORM, проте впровадження на практиці технологій в Україні не існує. Виходячи з цього спеціалісти ПАТ «Укрнафта» спільно з Харківським Державним міжобласним спеціалізованим комбінатом, Державною екологічною академією післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України, на виконання погодженої спільної «Програми проведення презентації та дослідно-експериментальних робіт мініустановки з очистки труб НКТ, що забруднені техногенно-підсиленими джерелами природного походження...» 15.08.2013 р. на території пункту захоронення радіоактивних відходів ДСП ХДМСК розробили та провели випробування експериментальної установки та технології гідродинамічного очищення відпрацьованих насосно-компресорних труб і нафтопромислового обладнання, що забруднені NORM [9].

Під час дезактивації трьох фрагментів НКТ Ø73,0 мм, довжиною 1,0-1,3 м, одного фрагменту обсадної труби Ø 168 мм, довжиною 1,25 м та засувки ЗКЛ ДУ-100 отримано:

- 2,01 кг твердих механічних домішок (мінеральних відкладень) зі щільністю потоку β-часток – 1500 част·см²·хв⁻¹ і потужністю експозиційної дози 53 мкР/год;
- загальний об'єм відпрацьованої технологічної води склав 830 л, вода за своїми радіаційними параметрами не перевищує фонових показників.

Таким чином, даними експериментальними дослідженнями підтверджено технічну можливість і ефективність гідродинамічного очищення насосно-компресорних труб та іншого нафтопромислового обладнання від мінеральних відкладень з підвищеною радіоактивністю.

Таблиця 1 – Динаміка надходження та дезактивації партій НКТ

Дата проведення робіт	Маса партії НКТ, яку направили на дезактивацію, кг	Активність партії, Бк	Деактивовано, кг	Кількість дезактивованих фрагментів, од.	Не піддалося дезактивації, кг	Маса вторинних РАВ, кг	Активність вторинних РАВ, Бк
10.10.12–20.12.12	720	$1,2 \cdot 10^5$	226	23	494	2	$3,8 \cdot 10^4$
25.12.12–29.04.13	10 972	$1,8 \cdot 10^6$	10 394	1 156	490	88	$9,7 \cdot 10^5$
01.11.13–11.12.13	10 124	$1,7 \cdot 10^6$	8 832	864	1196	96	$1,2 \cdot 10^6$
01.09.13–31.10.13	13 620	$2,3 \cdot 10^6$	12 240	1 226	1192	92	$1,0 \cdot 10^6$
Всього	35 436	$5,9 \cdot 10^6$	31 692	3 269	3 372	278	$3,2 \cdot 10^6$

Ступінь зниження рівня забруднення за всіма радіаційними параметрами становив від 4 до 360 разів. Найбільш показовими є результати дезактивації для α -забруднення і ПЕД. У результаті проведених експериментів ці радіаційні показники були знижені практично до фонових значень.

У складі відпрацьованої води і твердих відходів спостерігається наявність природних радіонуклідів: Th-232, Ra-226 і K-40. Досліджена вода не перевищує допустимі концентрації по НРБУ-97 для питної води і не є рідкими радіоактивними відходами (РАВ). Тверді відходи відповідно до класифікації ОСПУ-2005 можуть бути віднесені до низькоактивних РАВ.

У процесі гідродинамічного очищення фрагментів насосно-компресорних труб ушкодження внутрішніх і зовнішніх поверхонь не відбувається, що забезпечує можливість їх повторного використання. При очищенні/дезактивації виключено утворення пилу або аерозолів від радіоактивних відкладень. Всі відкладення видаляються разом з водою. Екологічна чистота та радіаційна безпека обслуговуючого персоналу в процесі очищення забезпечується відповідно до встановлених норм.

У зв'язку із переповненням сховища пункту захоронення радіоактивних відходів ДСП ХДМСК підприємство самостійно розпочало пошук ефективних методів дезактивації насосно-компресорних труб. Так, вже протягом тривалого періоду дезактивація здійснюється методом механічного видалення з внутрішніх і зовнішніх поверхонь насосно-компресорних труб відкладень із NORM. Установку виконано на базі токарно-гвинторізного верстата ДПП-300 із використанням штатної вентиляційної системи, якою оснащено корпус спалювання.

Динаміку надходження та дезактивації партій насосно-компресорних труб наведено в табл. 1.

Радіаційний і дозиметричний контроль здійснювала служба радіаційної безпеки ДСП ХДМСК. При цьому необхідно зазначити, що радіаційні поля і радіоактивне забруднення досить неоднорідні по поверхні труби. Переважна більшість насосно-компресорних труб має су-

цільне забруднення внутрішніх поверхонь мінеральними відкладеннями з NORM низької активності. Окремі фрагменти труби мають лише поодинокі плями радіоактивного забруднення розмірами 10 – 20 см. Статистичні дані радіаційних параметрів фрагментів насосно-компресорних труб наведено в табл. 2 та 3.

Станом на 01.02.14 р. у результаті проведення експериментальних робіт дезактивовано 31 692 кг насосно-компресорних труб (3 269 фрагментів). Ці труби пройшли державну процедуру зняття з регулюючого контролю відповідно до вимог НП 306.4.159-2010, що підтверджено офіційним рішенням Державної інспекції ядерного регулювання.

Окрема проблема, що потребує інших підходів для вирішення, – це дезактивація нестандартного нафтопромислового обладнання (запірна арматура, насоси, кабельна продукція, трубопроводи тощо). Так, наприклад, при демонтажі водоводів та інших трубопроводів, що перебували тривалий час в експлуатації, на внутрішніх стінках міститься значна кількість осадів з NORM (рис. 2). При дезактивації гідродинамічним методом трубопроводів та іншого обладнання, що містять розчинні мінеральні сполуки, можна отримати рідкі радіоактивні відходи, вартість захоронення яких є у 4 – 10 разів вищою порівняно з твердими NORM-відходами.

На підставі проведених випробовувань можна стверджувати, що даний напрямок досліджень по дезактивації насосно-компресорних труб є перспективним. Це дає можливість проводити подальші дослідження з вибору найбільш оптимального і ефективного способу очищення нафтопромислового обладнання від NORM і зменшити навантаження на персонал, населення і довкілля.

Потребує додаткового дослідження природа мінеральних відкладень, особливо таких, що містять сполуки металів: свинцю, цинку, хрому, нікелю та інших хімічних елементів. Окремі труби по зовнішній поверхні мають «оцинкування» - плівку з характерним з металевим блиском. Насосно-компресорні труби з такими мінеральними сполуками майже не піддаються дезактивації методом гідрокавітації.

Таблиця 2 – Діапазон значень потужності експозиційної дози фрагментів насосно-компресорних труб

Діапазон значень ПЕД на відстані 0,1 м, мкР/год	0,30–1,0	1,0–3,0	3,0–5,0	5,0–7,0	7,0–9,0	>9,0
Кількість фрагментів, шт.	2935	283	22	15	11	3
% по відношенню до загальної кількості фрагментів	90,0	8,6	0,6	0,4	0,3	0,1

Таблиця 3 Діапазон значень щільності потоку β-частинок фрагментів насосно-компресорних труб

Діапазон значень ЩП β-частинок на відстані 0,1 м, част·см ⁻² ·хв ⁻¹	30–100	100–300	300–500	500–800	800–1000	1000–2000	>2000
Кількість фрагментів, шт.	67	2 761	181	77	70	100	13
% по відношенню до загальної кількості фрагментів	2,0	84,5	5,5	2,4	2,2	3,0	0,4



Рисунок 2 – Труба з мінеральними відкладеннями, що містять NORM

Крім цього, на нашу думку, потребує дослідження наявності газоподібних NORM у газоповітряній суміші в межах загазованості територій м. Борислава та інших нафтогазових родовищ Прикарпаття в межах населених пунктів та їхній вплив на здоров'я працівників, населення та довкілля.

Висновки

Проблема з NORM в Україні є специфічною і потребує нормативно-правового врегулювання. Отриманий досвід робіт із радіаційної безпеки на підприємствах НГУ, державних спеціалізованих підприємствах, а також прийнятті міжнародні документи є саме тим підґрунтям, на якому може бути створена система поводження з NORM в НГУ.

Необхідно внести відповідні зміни в чинне законодавство України та інші нормативні акти щодо безпечного поводження з природними радіонуклідами.

На нашу думку, найбільш перспективним способом знешкодження ТПДПІ NORM є гідродинамічна дезактивація (очищення) обладнання на виробничих об'єктах з подальшим поверненням осадів та вторинних РАВ у глибинні геологічні формації в межах гірничих відводів родовищ.

Література

1 Техногенне забруднення радіоактивними елементами на родовищах корисних копалин / В.О. Шумлянський, А.Г. Субботін, А.Х. Бакаржів та ін. – К.: Знання України, 2003. – 133 с. – ISBN 966-7999-73-4.

2 Саргош О.Д. Проблема радіоактивних залишків, що утворюються на підприємствах нафтогазовидобувної промисловості / О.Д. Саргош, О.С. Загорулько, О.В. Катрушов // Проблеми екології та медицини. – 2004. – Т.8. – №3-4. – С. 30-32.

3 Павленко Т.О. Радіаційно-гігієнічна оцінка доз опромінення населення України від техногенно-підсиленних джерел природного походження: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук: 14.02.01 / Павленко Т.О.; ін-т гігієни та мед. екології ім. О.М. Марзєєва АМН України. – К., 2010. – 39 с.

4 Павленко Т.О. Оцінка вмісту природних радіонуклідів в індустріальних залишках підприємств / Довкілля та здоров'я. – 2015. – №1. – С.21-24.

5 Державні санітарні норми, правила, гігієнічні нормативи. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К., 1997. – 121 с.

6 Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005). – К., 2005. – 103 с.

7 Дригулич П.Г. Аналіз стану нормативної бази з радіаційної безпеки у нафтогазовій галузі України / П.Г. Дригулич // Нафтогазова галузь України. – 2014. – №1 (7). – С. 43-46.

8 Журавель М.Ю. Проблема радіоактивного забруднення навколишнього середовища під час розробки нафтових родовищ України / М.Ю. Журавель, П.В. Клочко, С.В. Лоцкін, В.М. Бульбас, М.Г. Черних, О.Г. Хорошун // Нафтова і газова промисловість. – 1997. – № 2. – С. 48-51.

9 Дригулич П.Г. Дослідження методів дезактивації насосно-компресорних труб, забруднених природними радіонуклідами / П.Г. Дригулич // Нафтогазова галузь України. – 2014. – №2 (8). – С. 39-42.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
08.09.15*

*Рекомендована до друку
професором **Тарком Я.Б.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук **Рудим С.М.**
(НДПІ ПАТ «Укрнафта», м. Івано-Франківськ)*