

ТЕХНОГЕННА ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 504.05 : 628.316 : 620.

І. Ю. Денисенко

*(Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
Міністерства екології та природних ресурсів України)*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ ПОВОДЖЕННЯ ІЗ РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНИМ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ НАФТОВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

У статті досліджено питання екологічної безпеки під час поводження із забрудненим технологічним обладнанням нафтовидобувної промисловості. За результатами проведених експериментальних досліджень показана ефективність комплексного методу (гідродинамічний, кавітаційний, механічний) очищення забруднених сольовими відкладеннями з умістом природних радіонуклідів насосно-компресорних труб. Запропоновано блок-схему екологічно прийнятнього процесу поводження з ними.

Ключові слова: екологічна безпека, технологічне обладнання, сольові відкладення, поводження з забрудненим обладнанням, екологічно прийнятний процес очищення забрудненого обладнання, нафтовидобувна промисловість.

І. Denysenko

ENVIRONMENTAL SAFETY OF WORKING WITH OIL PRODUCTION EQUIPMENT POLLUTED WITH RADIOACTIVE NUCLIDES

The article deals with issues of environmental safety during working with polluted technological oil production equipment. According to the results of experimental studies, the efficiency of the complex method (hydrodynamic, cavitation, mechanical) for purifying pump-compressor pipes, polluted with saline deposits containing natural radionuclides, is shown. A block scheme of an environmentally acceptable process of purifying such equipment is proposed.

Key words: ecological safety, oil production equipment, saline deposits, working with polluted equipment, environmentally acceptable process of purification the polluted equipment, oil industry.

У технологічному процесі видобутку нафти застосовується технологічне обладнання, під час експлуатації якого внутрішні поверхні забруднюються **сольовими відкладеннями** з умістом природних радіонуклідів, в основному ^{40}K , ^{22}Na , ^{232}Th і ^{226}Ra та продуктами їх розпаду [1]. Таке обладнання відноситься до техногенно-підсилених джерел природного походження та становить екологічну небезпеку через високі рівні забруднення, які перевищують установлені рівні для таких радіонуклідів за критерієм «рівень вилучення» (≥ 1 кБк/кг) згідно з «Порядком звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю у рамках практичної діяльності» [2].

На теперішній час в Україні накопичено десятки тисяч тонн відпрацьованого технологічного обладнання, у тому числі насосно-компресорних труб (НКТ) (рисунок 2), які перебувають на тимчасовому зберіганні на спеціально облаштованих майданчиках підприємств ПАТ «Укрнафта», а також на спеціалізованих майданчиках на території Чорнобильської зони відчуження.



Рисунок 1 – Загальний вигляд насосно-компресорних труб нафтовидобувної промисловості, забруднених сольовими відкладеннями з умістом природних радіонуклідів

У таких місцях спостерігається підвищений рівень радіаційного забруднення навколишнього природного середовища, так, згідно з [3-6], потужність експозиційної дози від забруднених НКТ, мЗв/год, щільність потоку α част/хв·см² та β част/хв·см² досягають значень 10; 130; 5900 відповідно, що перевищує унормовані [2] значення у 200; 130 та 59 разів відповідно.

Процес поводження з таким обладнанням може включати в себе такі операції: вилучення НКТ з технологічного процесу видобування нафти; тимчасове розміщення безпосередньо на місцях видобування нафти; перевезення (транспортування) до місць тимчасового зберігання на спеціально облаштованих майданчиках; очищення забруднених НКТ від сольових відкладень з умістом природних радіонуклідів; сортування очищених НКТ з поверненням очищених кондиційних НКТ в технологічний процес видобування нафти та утилізацією очищених некондиційних НКТ або їх фрагментів. Під час проведення всіх зазначених операцій необхідно забезпечувати екологічну безпеку технологічного процесу з мінімізацією шкідливого впливу на персонал та довкілля.

Об'єктом дослідження був процес забезпечення екологічної безпеки на об'єктах накопичення і зберігання насосно-компресорних труб нафтовидобувної промисловості, забруднених радіоактивними сольовими відкладеннями внаслідок дії іонізуючого випромінювання природного походження.

Предметом дослідження був вплив екологічно прийняттого комбінованого способу очищення насосно-компресорних труб нафтовидобувної промисловості, забруднених радіоактивними сольовими відкладеннями внаслідок дії іонізуючого випромінювання природного походження, на процес забезпечення екологічної безпеки, а також ресурсозбереження під час поводження з ними.

Метою роботи було розкриття особливостей впливу способів та технологічних параметрів на ефективність дезактивації та очищення насосно-компресорних труб нафтовидобувної промисловості від радіоактивних сольових відкладень, як передумови підвищення екологічної безпеки об'єктів їх накопичення та зберігання, а також ресурсозбереження під час поводження з ними.

Для досягнення поставленої мети було потрібно розв'язати такі **задачі досліджень**:

- проаналізувати сучасний стан питання щодо поводження з технологічним обладнанням нафтовидобувної промисловості, забрудненим радіоактивними сольовими відкладеннями, та виявити шляхи зменшення негативного впливу на довкілля екологічно небезпечних об'єктів їх накопичення та зберігання;
- теоретично обґрунтувати екологічно прийнятний спосіб дезактивації та очищення насосно-компресорних труб, забруднених радіоактивними відкладеннями внаслідок дії випромінювання природного походження;
- розробити пристрій для очищення насосно-компресорних труб, забруднених сольовими відкладеннями з умістом природних радіонуклідів;
- розробити програму та методіку проведення експериментальних досліджень з виявлення впливу чинників на ефективність технологічного процесу дезактивації та очищення насосно-компресорних труб, забруднених радіоактивними відкладеннями внаслідок дії випромінювання природного походження;
- провести експериментальні дослідження з виявлення ефективності технологічного процесу очищення насосно-компресорних труб, забруднених радіоактивними відкладеннями внаслідок дії випромінювання природного походження;
- розробити проект нормативного документа щодо поводження з насосно-компресорними трубами, забрудненими внаслідок дії іонізуючого випромінювання природного походження із застосуванням екологічно-прийняттого технологічного процесу їх очищення.

Методологію проведення досліджень відображено на рисунку 2.

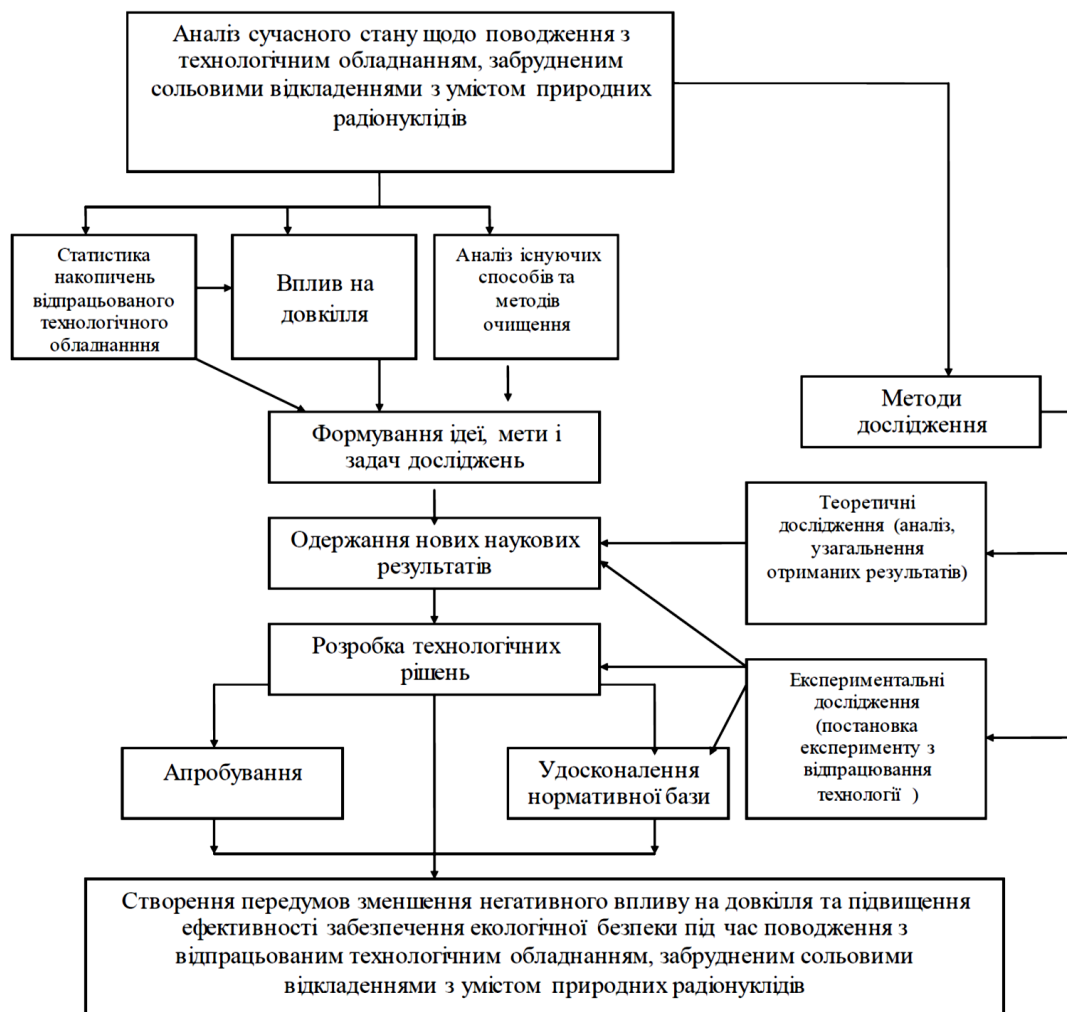


Рисунок 2 – Блок-схема методології проведення досліджень

Питанням розроблення та застосування технологій очищення нафтовидобувного обладнання, забрудненого сольовими відкладеннями займалися М. О. Омелянюк, П. Г. Дригулич, Д. М. Агаларова, Ю. В. Антипіна, К. Б. Аширова, В. М. Балакіна, А. Г. Мнухін та інші [7-8]. В їх роботах висвітлено, що для очищення забрудненого технологічного обладнання застосовуються такі способи як хімічний, механічний, гідродинамічний, кавітаційний, акустичний тощо. У таблиці 1 наведено узагальнені відомості щодо недоліків та переваг кожного з них [5-8].

Таблиця 1

Узагальнені відомості щодо недоліків та переваг способів очищення забрудненого сольовими відкладеннями технологічного обладнання нафтовидобувної промисловості

Назва методу	Основний принцип дії та їх особливості	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Хімічний	Часткове розчинення сольових відкладень, відшарування сольових відкладень від зовнішніх та внутрішніх поверхонь обладнання	Наявність численної номенклатури реагентів для різного хімічного складу сольових відкладень	Не забезпечує повного видалення солей, агресивні реагенти можуть пошкоджувати стінки технологічного обладнання, наявність екологічно шкідливих речовин та шкідливих умов праці.
Механічний	Відшарування сольових відкладень внаслідок механічної дії	Доступний, конструктивно простий	Підвищена ймовірність отримання некондиційного обладнання внаслідок порушення габаритних характеристик. Неможливість забезпечення досягнення унормованих значень за екологічною та радіаційною безпекою. Необхідність застосування нестандартного спеціального обладнання.

1	2	3	4
Гідродинамічний	Відшарування сольових відкладень внаслідок дії рідинних струменів	Не призводить до пошкодження металевих поверхонь обладнання, може бути ефективним для дезактивації	Потребує застосування спеціального обладнання. Неможливість забезпечення досягнення унормованих значень за екологічною безпекою. Необхідність застосування нестандартного спеціального обладнання. Утворення значної кількості рідких екологічно небезпечних радіоактивних відходів
Кавітаційний	Застосування ефекту кавітації, який призводить до відшарування сольових відкладень від металевих поверхонь обладнання	Не пошкоджуються металеві поверхні	Необхідність застосування нестандартного спеціального обладнання. Утворення значної кількості рідких екологічно небезпечних радіоактивних відходів
Акустичний	Використання генераторів ультразвуку для відшарування сольових відкладень від металевих поверхонь обладнання	Не пошкоджуються металеві поверхні	Недостатній досвід та відсутність позитивних результатів застосування

Слід зауважити, що на сьогоднішній день в Україні відсутні промислові установки, які б реалізували вище наведені методи для очищення забруднених НКТ.

За результатами аналізу сучасного стану питання щодо поводження з технологічним обладнанням нафтовидобувної промисловості було висунуто ідею, що зменшення негативного впливу на довкілля екологічно небезпечних об'єктів накопичення та зберігання насосно-компресорних труб нафтовидобувної промисловості, забруднених сольовими відкладеннями з умістом природних радіонуклідів, а також поводження з ними, можливо досягнути шляхом застосування екологічно прийняттого технологічного процесу їх очищення від сольових радіоактивних відкладень комбінованим (механічним, гідродинамічним та кавітаційним) способом за визначених параметрів.

Для реалізації цієї ідеї було розроблено установку для очищення НКТ комплексним методом, блок-схему якої наведено на рисунку 3.

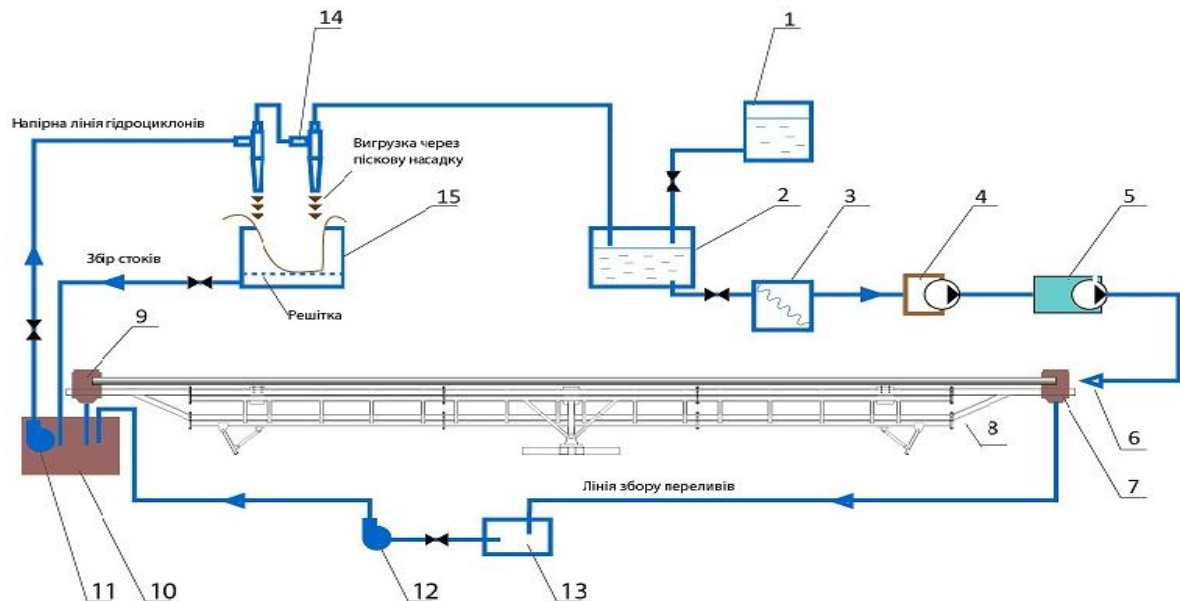


Рисунок 3 – Блок-схема дослідної установки очищення насосно-компресорних труб, забруднених сольовими відкладеннями з умістом природних радіонуклідів, комплексним методом

1 – посудина із свіжою водою; 2 – посудина для змішування свіжої і очищеної оборотної (зворотної) води; 3 – фільтр тонкого очищення оборотної води; 4 – підпірний гідронасос; 5 – насос високого тиску; 6 – пристрій для очищення НКТ комплексним методом; 7 – камера подавання води; 8 – рама для кріплення труби; 9 – приймальна камера; 10 – посудина для збирання шламів; 11 – пісковий насос; 12 – насос; 13 – посудина для збору переливів; 14 – фільтрувальне устаткування (батарея гідроциклонів); 15 – посудина для збору твердого осаду

Як видно з наведеної блок-схеми, найбільш важливим елементом цієї установки є спеціально сконструйований та виготовлений пристрій (рисунок 4), який складається з циліндричного порожнистого корпусу, всередині якого вмонтований шток з каналами для підведення води під тиском. На зовнішній поверхні корпусу розташовані скребки. Шток виконано порожнистим з отворами, які сполучають циліндричну камеру розподілу води. Ця камера має три канали, два з яких розміщені один навпроти одного, що оснащені насадками-розпилювачами. Ці канали забезпечують гідродинамічний удар по поверхні труби. Третій канал – розпилювач гідрокавітації, спрямований в зону роботи одного з двох скребків для створення потоку гідрокавітації в місці підривання сольових відкладень скребком, що забезпечує очищення внутрішньої поверхні труби від сольових відкладень з умістом природних радіонуклідів. Зазначені канали розташовані під кутами $95\text{--}105^\circ$ до його осі, $30\text{--}40^\circ$ до поверхні труби та $50\text{--}70^\circ$ до осі корпусу відповідно.

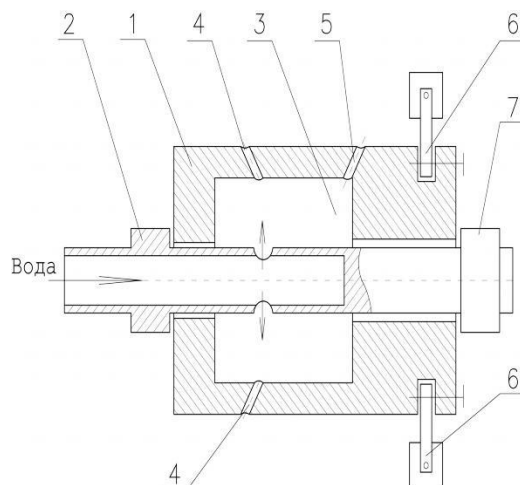


Рисунок 4 – Схема пристрою для очищення внутрішньої поверхні труб від твердих відкладень:

1 – порожнистий циліндричний корпус; 2 – шток; 3 – циліндрична камера розподілу води; 4 – гідродинамічні канали; 5 – гідрокавітаційний канал; 6 – скребки; 7 – гайка кріплення штоку.

Пристрій працює таким чином.

Вода під тиском $1050\text{--}1200$ ат подається через шток 2 в камеру розподілу води корпусу 3, після чого через канали 4 і 5 викидається всередину труби, що очищається, і викликає обертання пристрою (число оборотів – $2500\text{--}3500$ об/хв).

Металеві скребки 6 розташовані на корпусі один навпроти одного, кріпляться до корпусу штифтами і після подання води при обертанні пристрою підривають сольові відкладення від стінки труби.

Канал 5, який створює гідрокавітаційний потік, розташований навпроти одного з скребків 6 під кутом $50\text{--}70^\circ$ і спрямований в зону роботи одного з скребків, створює потік кавітації в зоні підривання сольових відкладень і сприяє їх видаленню завдяки перепаду тисків в потоці кавітації.

Два гідродинамічних канали 4 розташовані на корпусі один навпроти одного під кутом 90° до скребків і мають насадку-розпилювач. Канали 4 розташовані під кутом $95\text{--}105^\circ$ до осі корпусу і під кутом $30\text{--}40^\circ$ до поверхні пристрою. Вода, що надходить з каналів 4 створює гідродинамічний удар на поверхні труби для видалення залишків мікрочасток радіоактивних солей для очищення внутрішньої поверхні труби.

Корпус пристрою виготовлено з бронзи, шток - зі зміцненої вуглецевої сталі, канали 4 і 5 – з титану. Канали 4 мають сапфірові насадки-розпилювачі. Скребки 6 мають напайки з твердосплавних пластин із загостреними краями.

Корпус пристрою, шток, канали 4, що мають насадки-розпилювачі та 5, скребки 6 з напайками виготовлені з надтвердих матеріалів.

Пристрій вводиться у внутрішню порожнину труби і внаслідок подавання води насосом високого тиску відбувається його обертання з одночасною дією на шар відкладень струменів високого тиску, високоенергетичною (кавітаційною) дією на поверхню, а також його механічного руйнуванням (зрізування) [9-10].

За розробленою програмою експериментальні дослідження з відпрацювання технології очищення та дезактивації НКТ комплексним способом із застосуванням обладнання, наведеного на рисунках 3-4, проводили на базі Державного спеціалізованого підприємства УкрДО «РАДОН» «Центральне підприємство з поводження з радіоактивними відходами». Установка для очищення НКТ розміщувалася у спеціально відведеному приміщенні в умовах, максимально наближених до натурних. Під час виконання експериментальних робіт здійснювався постійний дозиметричний контроль кваліфікованими дозиметристами з використанням сертифікованого дозиметра-радіометра МКСО, 1Р № 859 та ДСК 9601 блок БДЗА 96 Т №281. Роботи виконувалися за умов дотримання заходів з охорони праці та радіаційної безпеки, які передбачені нормами та інструкціями.

Перед початком очищення були здійснені заміри на внутрішній та зовнішній стінках НКТ, а саме: потужність експозиційної дози, щільність потоку α та β часток. Також повторні заміри були виконані після дезактивації як самої труби, так і утвореного у результаті очищення шламу.

Під час експериментів використовували НКТ, в яких внаслідок сольових відкладень їх внутрішній діаметр зменшився на 10-60%, що відповідно знизило пропускну здатність труб (рис. 1).

В ході відпрацювання технології ефективність роботи установки оцінювалась під час очищення та дезактивації 5-ти зразків суцільних нефрагментованих та не деформованих НКТ зовнішнім діаметром 73,3 мм з радіаційними показниками, що наведені в таблиці 2. Радіаційний контроль здійснювався дозиметром-радіометром МКС0,1Р та ДКС 9601 блок БДЗА 96 Т.

Таблиця 2

Радіаційні показники досліджуваних зразків НКТ до та після очищення

Умовне позначення зразка НКТ	Радіаційні показники								
	Потужність експозиційної дози (ПЕД), мкЗв/год			Щільність потоку β -часток, (β) част/хв \cdot см ²			Щільність потоку α -часток, (α) част/хв см ²		
	До очищення	Норма за [2]	після очищення	До очищення	Норма за [2]	Після очищення	До очищення	Норма за [2]	Після очищення
В3	28,0	До 0,5	0,47	1599,0	До 100,0	99,5	1,09	До 1,0	0,86
В7	26,0	До 0,5	0,41	1538,0	До 100,0	27,0	16,0	До 1,0	0,85
А4	0,7	До 0,5	0,39	58,0	До 100,0	19,0	0,8	До 1,0	0,0
А6	31,0	До 0,5	0,35	1144,0	До 100,0	17,9	2,5	До 1,0	0,9
А5	42,0	До 0,5	0,38	1154,0	До 100,0	60,2	1,4	До 1,0	0,8

Як видно з таблиці, для всіх зразків НКТ характерне перевищення встановлених норм як за ПЕД (0,5 мкЗв/год) від 0,7 мкЗв/год (зразок А4) до 42 мкЗв/год (зразок А5) рази, так і за щільністю потоку β -часток (β -част/хв \cdot см²) та α -часток (α -част/хв \cdot см²) і досягають максимальних значень 1599 та 16 відповідно.

За результатами очищення та дезактивації НКТ утворюються, зокрема відходи у вигляді зволжених шламів, радіаційні показники яких наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати визначення радіаційних показників шламів, утворених у результаті очищення та дезактивації НКТ

Зразки (НКТ)	Радіаційні показники		
	Потужність експозиційної дози (ПЕД), мкЗв/год	Щільність потоку β -часток, β част/хв \cdot см ²	Щільність потоку α -часток, α част/хв \cdot см ²
В3	142	22800	47
В7	980	38000	27
А4	170	630	3
А6	186	36000	70
А5	220	29500	63

Потужність експозиційної дози шламів, утворених в результаті очищення, мали значення від 142 до 980 мкЗв/год, щільність потоку β -часток, 630 до 38000 β -част/хв·см², щільність потоку α -часток складала від 3 до 70 α -част/хв·см², що значно перевищує встановлені норми радіаційної безпеки. Це потребує їх зберігання у сертифікованій тарі для подальшого захоронення у сховищах спеціалізованих підприємств.

Відпрацьована вода за своїми радіаційними параметрами не перевищувала встановлених граничних значень.

Таким чином, за результатами експериментальних досліджень встановлено ефективність запропонованої дослідницької установки очищення забруднених сольовими відкладеннями з умістом природних радіонуклідів насосно-компресорних труб нафтовидобувної промисловості комплексним методом (гідродинамічний, кавітаційний та механічний), яка є невід'ємною складовою екологічно прийняттого процесу поводження з таким обладнанням, блок-схему якого наведено на рисунку 5.

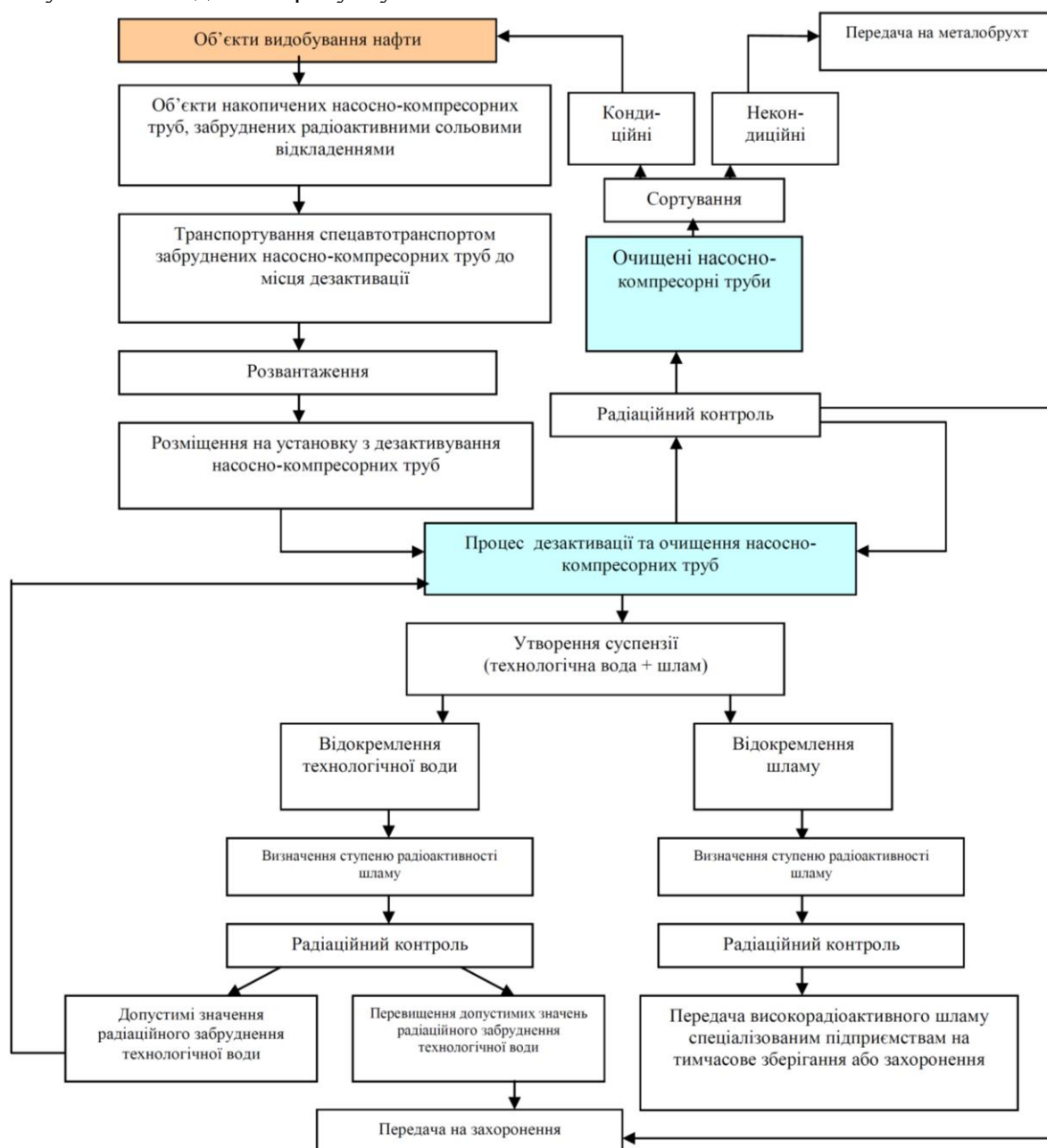


Рисунок 5 – Блок-схема процесу поводження з насосно-компресорними трубами, забрудненими радіоактивними сольовими відкладеннями

Дотримання запропонованої схеми дають змогу вирішити проблему екологічно прийнятності поводження з НКТ, забрудненими радіоактивними сольовими відкладеннями з отриманням соціального та економічного ефектів завдяки мінімізації кількості спеціальних місць їх накопичення, зменшення шкідливого впливу на довкілля, а також завдяки частковому поверненню очищеного обладнання у технологічний процес видобування нафти та використання частини обладнання у якості кондиційного металобрухту.

Подальшим напрямком роботи є розроблення проекту нормативного документа щодо поводження з насосно-компресорними трубами, забрудненими внаслідок дії іонізуючого випромінювання природного походження з екологічно-прийнятним технологічним процесом їх очищення від радіоактивних сольових відкладень комплексним способом з одночасним поданням гідродинамічного, кавітаційного та механічного методів.

Висновки

1. Висунуто ідею, що зменшення негативного впливу на довкілля під час поводження з таким обладнанням, можна досягнути шляхом застосування екологічно прийнятних технологічних процесів їх очищення комбінованим (механічним, гідродинамічним та кавітаційним) способом за визначених параметрів.

2. За результатами аналізу сучасного стану питання щодо поводження з технологічним обладнанням нафтовидобувної промисловості, забрудненим радіоактивними сольовими відкладеннями, показано переваги ефективності очищення такого обладнання комплексним методом, який поєднує гідродинамічний, кавітаційний та механічний порівняно із застосуванням окремо кожного з них або інших.

3. Розроблено програму та методику і проведено експериментальні дослідження з виявлення впливу чинників на ефективність технологічного процесу дезактивації та очищення насосно-компресорних труб, забруднених радіоактивними відкладеннями внаслідок дії випромінювання природного походження, визначено його ефективні параметри.

4. Запропоновано блок-схему екологічно прийнятних процесів поводження з насосно-компресорними трубами нафтовидобувної промисловості, забруднених сольовими відкладеннями з умістом природних радіонуклідів.

Список літератури:

1. Denysenko I. Integrated research cleaning methods tubing polluted technogenically enhanced natural sources origin / O. Bondar, I. Denysenko // Екологічні науки: наук.-практ. журн. / Головний редактор О. І. Бондар. – К.: ДЕА, 2016. – № 13-14. – 194 с.

2. Наказ Державного комітету ядерного регулювання «Про затвердження Порядку звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю у рамках практичної діяльності» [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0718-10>.

3. Іващенко Т. Г. Екологічні аспекти зберігання та очищення від радіоактивних забруднень насосно-компресорних труб нафтогазовидобувної промисловості / Т. Г. Іващенко, Г. В. Прибитько, І. Ю. Денисенко, С. В. Маслянюк // Збірник праць та повідомлень [«Хімічна і радіаційна безпека: проблеми і рішення»] (Київ, 17-20 травня 2016р.). – К.: ІГНПС НАН України, 2016. – С. 75.

4. Іващенко Т. Г. Екологічні аспекти очищення технологічного обладнання нафтогазовидобувної промисловості від радіоактивних відкладень / Т. Г. Іващенко, І. Ю. Денисенко, Г. В. Прибитько, С. В. Маслянюк // Зб. тез доповідей XIV Міжнар. наук.-техн. конф. [«Проблеми екологічної безпеки»] (Кременчук, 12-14 жовтня 2016р.). – К.: КНУ ім. М. Остроградського, 2016. – С. 33.

5. Денисенко І. Ю. Екологічні аспекти процесу очищення технологічного обладнання забрудненого радіонуклідами природного походження : Зб. тез доповідей XIII Міжнар. наук.-практ. конф. [«Проблеми екологічної безпеки»], (Кременчук, 8-9 жовт. 2014) / М-во освіти і науки. – Кременчук: Кремен. націон. у-тет ім. М. Остроградського, 2014. – С. 27.

6. Іващенко Т. Г. Екологічні та економічні аспекти зберігання та очищення від радіоактивних забруднень насосно-компресорних труб нафтогазовидобувної промисловості /

Іващенко Т. Г., Прибійко Г. В., Маслянюк С. В., Денисенко І. Ю. // Матеріали круглого столу в рамках Міжнародного екологічного Форуму «Довкілля для України» «Екологічний стан та перспективи розвитку Чорнобильської зони відчуження». – Київ, 27 квітня 2016.

7. Мнухин А. Г. Технологии XXI века: Том 1. Электрогидравлика / А. Г. Мнухин, А. М. Брюханов, И. В. Иорданов, Н. А. Громовой, В. А. Мнухин – Макеевка-Донецк: ВИК, 2012. – 432с.

8. Омелянюк М. В. Разработка технологии гидродинамической кавитационной очистки труб от отложений при ремонте скважин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 25.00.15 - "Технология бурения и освоения скважин"; 05.02.13 - "Машины, агрегаты и процессы (нефтяная и газовая промышленность)" [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-tehnologii-gidrodinamicheskoi-kavitatsionnoi-ochistki-trub-ot-otlozhenii-pri-rem>.

9. Бондар О. І., Іващенко Т. Г., Прибійко Г. В., Денисенко І. Ю., Маслянюк С. В. Пристрій для очищення внутрішньої поверхні труб від твердих відкладень. Патент на корисну модель № 107545, № заявки у 2015 12828, опубл. 10.06.2016, Бюл. № 11.

10. Бондар О. І., Іващенко Т. Г., Прибійко Г. В., Денисенко І. Ю., Маслянюк С. В. Пристрій для очищення внутрішньої поверхні труб від твердих відкладень. Патент на винахід № 112949, № заявки у 2015 12827, опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21.

References:

1. O. Bondar, I. Denysenko. 2016 Integrated research cleaning methods tubing polluted technogenically enhanced natural sources origin. Ecological Sciences: nail-practical magazine, no. 13-14, 194 pp.

2. Order of the State Nuclear Regulatory Committee "On approval of the procedure for the release of radioactive materials from regulatory control within the framework of practical activities" [Electronic resource]. – Access mode <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0718-10>.

3. T. Ivashchenko, G. Pribytko, I. Denisenko, S. Maslyanko. 2016 [Environmental aspects of storage and purification from radioactive contamination of the pump-compressor pipes of the petroleum-base extractive industry]. Chemical and radiation safety: problems and solutions (Ukraine, Kyiv, May 17-20, 2016), Kyiv: Institute of Geochemistry of the Environment of the National Academy of Sciences of Ukraine, 88 pp.

4. T. Ivashchenko, I. Denisenko, G. Pribytko, S. Maslyanko. 2016 [Environmental aspects of the treatment of technological equipment of the oil and gas industry from radioactive deposits]. Problems of environmental safety (Ukraine, Kremenchug, October 12-14, 2016), Kremenchug: Kremenchuk National University named after M. Ostrogradsky, 70pp.

5. I. Denisenko. 2014 [Environmental aspects of the process of cleaning technological equipment contaminated with radionuclides of natural origin]. Problems of environmental safety (Ukraine, Kremenchuk, October 8-9, 2014), Kremenchug: Kremenchuk National University named after M. Ostrogradsky, 27pp.

6. T. Ivashchenko, G. Pribytko, S. Maslyanko, I. Denisenko. 2016 [Ecological and economic aspects of storage and purification of radioactive contamination of pump-compressor pipes of oil and gas industry]. Materials of the round table within the framework of the International Environmental Forum "Environment for Ukraine" "Environmental Status and Prospects for the Development of the Chernobyl Exclusion Zone" (Ukraine, Kyiv, April 27, 2016), Kyiv.

7. A. Mnuhin. 2012 [Technologies of the XXI century: Volume 1. Electrohydraulics]. Makeevka-Donetsk: VIK, 432pp.

8. M. Omelyanik 2013 [Development of technology of hydrodynamic cavitation clearing of pipes from deposits during repair of wells: author's reff. dis for obtaining a scientific degree Cand. tech Sciences: special 25.00.15 – "Technology of drilling and development of wells"; 05.02.13 – "Machines, aggregates and processes (oil and gas industry)"] [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-tehnologii-gidrodinamicheskoi-kavitatsionnoi-ochistki-trub-ot-otlozhenii-pri-rem>.

9. O. Bondar, T. Ivashchenko , G. Pribytko., I. Denisenko, S. Maslyanko. A device for cleaning the internal surface of pipes from solid deposits. Patent for Utility Model No. 107545, application No. u 2015 12828, published. Jun 10, 2011, Bul. No. 11

10. O. Bondar, T. Ivashchenko , G. Pribytko., I. Denisenko, S. Maslyanko. Device for cleaning the inner surface of pipes from solid deposits. Patent for invention No. 112949, Application No. u 2015 12827, pub. 10.11.2016, Byul. No. 21.

