

АВАРІЇ НА НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩАХ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА ГЛОБАЛЬНУ ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ В УКРАЇНІ

Пічугін С.Ф., доктор техн. наук, професор, **Зима О.Є.**, канд. техн. наук, доцент, **Стеблянко В.С.**, аспірантка, викладач

*Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка, Україна*

Анотація. озглянуто причини виникнення аварій на нафтогазових родовищах, проведено аналіз забруднень, пов'язаних з аварійними розливами нафтопродуктів, взято до уваги залишковий вплив нафтопродуктів та їхній вплив на навколишнє середовище, зокрема на ґрунти та води Світового океану. Також досліджено трансформацію нафтових забруднень та зміну форм існування нафти при переході з одного середовища в інше, проведено класифікацію основних причин аварій на нафтогазових родовищах з урахуванням проектування та експлуатації нафтотранспортної системи. Запропоновано ефективні шляхи вирішення аварійних ситуацій на трубопроводах та розробку методик та засобів діагностики технічного стану магістральних трубопроводів, проведено опис кожного етапу нафтогазового виробництва та його негативний вплив на довкілля, який виникає в процесі розробки нафтових і газових родовищ.

Ключові слова: аварії, нафта, газ, родовища, екологія, безпека, вплив, аналіз, фактор, середовище.

Pichugin S. F., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Zima O. E., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Steblianko V.S., graduate student, teacher

Yury Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Ukraine

Abstract: the causes of accidents at oil and gas fields are considered, the analysis of pollution related to accidental spills of petroleum products is carried out, the residual impact of petroleum products and their impact on the environment, in particular on the soils and waters of the World Ocean, are taken into account. The transformation of oil pollution and the change in the forms of existence of oil during the transition from one environment to another were also investigated; the classification of the main causes of accidents at oil and gas fields was carried out, taking into account the design and operation of the oil transportation system. Effective ways of solving emergency situations on pipelines and the development of methods and tools for diagnosing the technical condition of main pipelines are proposed, each

stage of oil and gas production and its negative impact on the environment, which occurs in the process of developing oil and gas fields, is described.

Keywords: oil, gas, deposits, ecology, safety, impact, analysis, factor, environment.

У сучасному світі все більшої уваги надається вирішенню екологічних проблем, які можуть бути спричинені як самою природою, так і життєдіяльністю людини, причому останній чинник набув важливішого статусу внаслідок розвитку нафтогазової промисловості в Україні. Видобуток та переробка будь-яких корисних копалин, зокрема нафти і газу, належать до людського виду діяльності, що відноситься до рівня підвищеної екологічної небезпеки та несе великі ризики забруднення органічними та неорганічними речовинами, перетворення геологічного середовища, пожежну небезпеку та інші загрози довкіллю. Нафтова галузь України являє собою складну систему, яка включає геологорозвідувальні роботи, видобуток, транспортування, зберігання та переробку нафти. Ступінь впливу зазначених підгалузей на навколишнє середовище різний, але врахування його важливе для оцінки екологічних і техногенних ризиків, які виникають останнім часом все частіше. Одним із шляхів підвищення екологічної безпеки нафто-газової галузі є врахування факторів, що її спричиняють. Фактори за природою та характером дії, що впливають на негативний вплив на довкілля діяльності підгалузей нафто-газового комплексу дуже різноманітний.

Фахівці визнають, що найбільш екологічно-небезпечними та руйнівними для довкілля є забруднення, пов'язані з аварійними розливами нафтопродуктів та супутніх пластових вод та під час буріння свердловин і розкриття покладів із аномально-високим пластовим тиском. Також слід зазначити, що великої шкоди екосистемам завдають морські перевезення. Найбільші втрати нафти пов'язані з її транспортуванням із районів добування. Аварійні ситуації, скид за борт промивних і баластних вод обумовлюють наявність постійних полів забруднення на трасах морських шляхів. Втрати відбуваються навіть за безаварійної роботи морського транспорту. Але під час аварій, коли може розлитися до 40–50 тис. т нафти, уражається поверхня, площею близько 100 км². Розлив нафти – це одна з найнебезпечніших аварій на виробництві, яка виникає в результаті неправильних дій людини та приносить багато шкоди навколишньому середовищу. Залишковий вплив таких аварій, особливо на підземні води і геологічне середовище, може зберігатися впродовж десятиріч, тому особливої важливості набуває завдання оцінки впливу стану аварійних свердловин на

довкілля та прогнозування негативних змін для навколишнього середовища, що зможе визначити негативні наслідки та мінімізувати вплив на середовище [1]. Головні місця нафтового забруднення Світового океану відмічаються на шляхах руху між Близьким Сходом та Європою, Америкою та Японією. Значні забруднення наявні також у Середземному, Карибському, Південно-Китайському та Японському морях. Аналіз джерел і форм нафтових забруднень дозволив установити, що в загальній кількості надходжень:

- 23% складають скиди із суден у море промивних і баластних вод, тобто забруднення, пов'язані з нормальною експлуатацією суден;

- 17% припадає на скиди нафти та нафтопродуктів у портах чи припортових акваторіях, включаючи втрати при завантаженні бункерів наливних суден;

- 10% потрапляє з берега разом із промисловими відходами та стічними водами, що містять емульговану, розчинену та плівкову нафту;

- 5 % приносять зливі стоки у вигляді емульгової, розчиненої та плівкової нафти;

- 6% пов'язано з катастрофами суден, бурових у морі, коли утворюються суцільні поля та плівки з емульгової чи розчиненої нафти;

- 1% дає буріння на шельфі, ці забруднення складаються з емульгової, розчиненої та плівкової нафти;

- 10% припадає на нафту, що надходить з атмосфери в розчиненому та газоподібному стані;

- 28% приносять річкові води, що містять нафту в усьому різноманітті її форм.

Нафта і нафтопродукти справляють негативний вплив на морські біоценози, тому що їх плівки порушують обмін енергією, теплом, вологою та газами між океаном і атмосферою, а також впливають на фізико-хімічні та гідрологічні умови, клімат Землі, баланс кисню в атмосфері, викликають загибель риби та мікроорганізмів. Усі компоненти нафти токсичні для морських організмів. У нафти є ще одна побічна властивість – її вуглеводи здатні розчинити ряд інших забруднюючих речовин, таких як пестициди, важкі метали, які разом із нафтою концентруються в приповерхньому шарі і ще більше отруюють його. Нафта утворює на поверхні води плівку, завтовшки в одну молекулу. Одна крапля похідних нафти може забруднити мільйон крапель чистої води. Цей тонкий шар обмежує доступ кисню у воду і викликає задуху риб і всіх водних організмів. Забруднення нафтою завдає особливо великої шкоди стенойкним видам (види, що не

витримують великих коливань факторів довкілля). Страждають від забруднення нафтою і морські птахи. Нафта склеює їх пір'я, теплоізоляція порушується. Для підтримки температури тіла стає більш інтенсивним обмін речовин, через що витрачаються жирові резерви. Птах гине від виснаження. Птахи, що пірнають, плутають нафтові плями з їжею й отруюються. Нафта і нафтопродукти негативно впливають на морські біоценози, тому що їх плівки перешкоджають обміну енергії, тепла, вологи і газу між океаном і атмосферою, а також впливають на фізико-хімічні та гідрологічні умови, клімат Землі і баланс кисню в атмосфері.

Мережа нафтопроводів України відіграє значну роль у забезпеченні енергетичної безпеки країни. На підвищення безпеки функціонування складних технічних систем акцентується особлива увага. Найнебезпечнішими складовими системами магістрального транспортування нафти є лінійні частини магістральних трубопроводів, витікання вмісту яких створює найбільші загрози. Нафтові фракції є джерелом підвищеної пожежовибухонебезпеки та небезпеки для довкілля, до яких призводять аварійні ситуації. Більшість аварій на нафтопроводах стаються внаслідок зношування труб (більше 1/3 нафтопроводів експлуатуються понад 30 років), через внутрішню корозію. Питома частота поривів нафтопроводів всіх типів змінювалася від 0,131 до 0,247 випадку на км за рік. В середньому вона була рівна 0,168 випадку на км за рік. Найбільша частота відмов характерна для нафтозбірних мереж родовищ [2].

У процесі проектування та експлуатації нафтотранспортної системи недостатньо враховується її вплив на довкілля й оцінюється та аналізується ризик виникнення надзвичайних ситуацій. Забезпечення безпеки зводиться, в основному, до дотримання певних відстаней між трасою магістральних трубопроводів та об'єктами інфраструктури. У разі відмов магістральних нафтопроводів, що виникають під дією техногенних, природних та антропогенних факторів, порушується природний режим ґрунтів і водних об'єктів, забруднюється атмосфера, що часто призводить до екологічного лиха. Порушення ґрунтового покриття відбувається при бурінні видобувних свердловин і на стадії будівництва об'єктів облаштування родовища. Іншим елементом ризику експлуатації трубопроводів є магістралі, що з'єднують свердловини на родовищах. До них взагалі не застосовують жодні стандарти регулювання, оскільки багато з них працюють при дуже низьких тисках і знаходяться у віддалених районах. Тому працівники станцій не можуть зібрати об'єктивні дані про розриви й протікання, а також про те, чи дотримуються взагалі яких-небудь стандартів щодо

характеристик зварних швів та глибини залягання трубопроводу. Одним із шляхів вирішення такої ситуації є установка запірної арматури з автоматичним дистанційним управлінням, яка може швидко зупинити подачу газу або нафти в разі аварії.

Основними причинами аварій на нафтогазових родовищах є: зовнішні фізичні дії на трубопроводи, включаючи несанкціоновані врізання, що спричинили витоки вуглеводнів, – 34,7%, порушення норм і правил проведення робіт при будівництві і ремонті, відхилення від проектних рішень – 24,7%; корозійні пошкодження труб, запірної і регулюючої арматури – 23,5%; порушення технічних умов при виготовленні труб і устаткування – 12,4%; помилкові дії експлуатаційного і ремонтного персоналу – 4,7% [1].

Цікаво простежити за трансформацією нафтових забруднень і зміною форм існування нафти при переході з одного середовища в інше та прослідкувати зміни у хімічному складі ґрунту, зміни його властивостей та структури. Ґрунти вважаються забрудненими нафтою та нафтопродуктами, якщо збільшення концентрації цих речовин піднімається до рівня, при якому порушується екологічна рівновага в ґрунтовій системі, відбувається зміна морфологічних та фізико-хімічних характеристик ґрунтових горизонтів, змінюються водно-фізичні властивості ґрунтів, порушується співвідношення між окремими фракціями органічної речовини ґрунту, знижується продуктивність земель. Кожна з форм нафти по-своєму впливає на фізичні, хімічні та біологічні процеси, що протікають у середовищі ґрунту, на межі переходу середовищ та на гідрохімічні бар'єри, має властивий механізм трансформації, біологічного та хімічного окислення. Просочування нафтою ґрунтової маси призводить до:

- змін у хімічному складі ґрунту, зміни його властивостей та структури, перш за все це позначається на гумусовому горизонті: кількість вуглецю в ньому різко збільшується, але погіршується якість ґрунтів, як поживного субстрату для рослин, гідрофобні частинки нафти заважають зволоженню коріння рослин, що призводить до фізіологічних змін усєї рослини;

- зміни складу ґрунтового гумусу, які на початку відбуваються у ліпідних і кислих компонентах;

- різкого порушення в ґрунтовому мікробіоценозі, пригнічування фотосинтетичної активності рослинних організмів, що позначається насамперед на розвитку ґрунтових водоростей. Залежно від дози нафти, що потрапила в ґрунт, і збереження ґрунтового та рослинного покриву,

спостерігаються різні реакції ґрунтових водоростей: від часткового пригнічення до загибелі.

Найбільш перспективним засобом знезаражування ґрунтів є окислення нафти і нафтопродуктів за допомогою ґрунтових мікроорганізмів. Прискорити очищення ґрунтів за допомогою мікроорганізмів можна в основному двома шляхами: активізацією метаболічної активності мікрофлори ґрунтів шляхом зміни фізико-хімічних умов середовища (агротехнічні прийоми) або внесенням спеціально підібраних активних нафтоокислюючих мікроорганізмів у забруднений ґрунт.

На сьогодні підприємства з видобування, транспортування та переробки нафти є одними з головних джерел техногенної небезпеки. Це пов'язано з викидами надзвичайно шкідливих речовин і екстремальними ситуаціями, до яких відносяться аварії, вибухи, пожежі. Причинами виникнення аварійних ситуацій є відмова технічних систем внаслідок помилок, допущених при проектуванні, порушення технології виготовлення труб, умов і режимів експлуатації [10]. Корозійне зношення стінок магістральних трубопроводів є основним джерелом утворення та розвитку дефектів. Тому виникає необхідність в проведенні досліджень, пов'язаних з вивченням умов утворення дефектів різної форми в процесі експлуатації складних транспортних систем та у виборі режимів перекачування нафти з початковими тисками, які забезпечать безпечну роботу нафтотранспортних систем [3].

Отже, основними причинами виникнення аварій на трубопроводах є:

- механічні руйнування трубопроводів і конструкцій при перепадах внутрішнього тиску, дії зовнішніх сил, корозії і зміни температури;
- несправності основного і допоміжного обладнання насосних станцій;
- несправності у системі контролю;
- несправності в системі безпеки;
- порушення зварних швів і з'єднувальних фланців [4].

Україна є одним з основних транзитерів вуглеводнів до країн Східної та Західної Європи, про що свідчать значні обсяги транзиту нафти, газу та їх похідних через територію України та обумовлюють її стратегічне положення в енергетичній безпеці Європи. Мережа магістральних трубопроводів України – складна технічна система, що має потужний потенціал транспортування та зберігання вуглеводнів, зокрема газу. Транспортування і зберігання нафти й газу при певних несприятливих умовах може призвести до надзвичайних ситуацій техногенного характеру, забруднення довкілля при аваріях і відмовах,

створивши таким чином небезпеку для населення, інженерних споруд та природного середовища. [5]. Серед основних причин аварій називають корозію обладнання, незадовільну якість зварних швів і стихійні лиха. Серйозною причиною виходу трубопроводів з ладу є корозія, тому сталь, яка знаходиться у взаємодії з активними середовищами, такими як нафта чи газ – поступово деградує. На частку корозійних процесів припадає від 15 до 20% усіх повідомлень про «серйозні аварії», які призводять до загибелі людей або завдають серйозної шкоди майну та навколишньому середовищу. Більша частина магістральних трубопроводів має підземну конструктивну схему прокладки. На підземні трубопроводи впливають корозійно-активні ґрунти. Під впливом корозійного зносу металу зменшується товщина стінки труб, що в свою чергу може призвести до виникнення аварійних ситуацій на магістральних трубопроводах. Стрес-корозійне розтріскування металу в даний час є однією з основних і найбільш частих причин руйнування магістральних трубопроводів. До пошкоджень цього типу відносять тріщини, які утворюються на зовнішній поверхні трубопроводів у ділянках із порушенням ізоляційного покриття під дією корозійно-активного середовища і напружено-деформаційного фактора в умовах катодної поляризації. В Україні вже відбулося кілька аварій газопроводів, обумовлених стрес-корозійними дефектами. Більшість аварій через корозійне розтріскування, як правило, відбувається в 20 км зоні за компресорною станцією по ходу газу. Метал труби в цій зоні, крім контакту з ґрунтовим електролітом на ділянках пошкодження ізоляційного покриття, піддається додатковій дії підвищеної температури газу, а також високого рівня вібрації, які можуть за певних умов стати причиною зародження стрес-корозійних тріщин [6].

Фактори, які спричиняють аварії, можна розділити на такі, що вносять на стадії проектування (неправильний вибір матеріалу, технології виготовлення, неврахування умов експлуатації), виготовлення (порушення технології, використання матеріалів незадовільної якості, недостатня увага контрольним заходам) та експлуатації (корозія, зовнішні механічні дії, старіння металу). В Україні серед причин аварій поширеним є суб'єктивний фактор, пов'язаний із недбалим ставленням до трубопроводу або порушенням вимог до його експлуатації [7]. Попередити аварійні ситуації на трубопроводах можливо за рахунок впровадження ефективних методик контролю та інспекції на всіх стадіях життєвого циклу конструкції. Актуальною на сьогодні є розробка методик та засобів діагностики і моніторингу технічного стану магістральних трубопроводів. Зокрема,

корисним буде визначення узагальнених вимог до проведення інспекції та критеріїв оцінювання, які були б придатними до застосування без обмежень технічного характеру. Слід також враховувати, що аварії на трубопроводах призводять до забруднення значних площ.

Отже, на кожному етапі нафтогазового виробництва здійснюється негативний вплив на довкілля, який виникає в процесі розробки нафтових і газових родовищ. Основні техногенно-небезпечні виробничі процеси при цьому пов'язані з бурінням нафтових і газових свердловин, з видобутком нафти і газу. Щоб попередити погіршення екологічної обстановки та вийти на нормативно-безпечний рівень стану компонентів навколишнього середовища, необхідне проведення послідовної ефективної екологічної політики, спрямованої на захист життя і здоров'я людей, природних ресурсів, шляхом введення в дію екологічних законів та нормативно-правових і методичних документів. Аналіз аварій, систематичний збір відомостей про аварії, створюють основу для вирішення завдань управління ризиком, що є надзвичайно важливим кроком у розвитку нафто-газопереробної галузі сьогодення. Правильне розуміння та детальне вивчення цих питань дасть змогу розумно використовувати методи ідентифікації, діагностики й прогнозування руйнувань на ранніх стадіях її розвитку, що дасть змогу зменшити кількість відмов та аварій під час експлуатації магістральних трубопроводів, що, підвищить екологічну безпеку газотранспортної інфраструктури. Забезпечення безпечної експлуатації трубопровідних систем здійснюється за допомогою різних підходів до оцінювання корозійно-механічної дефектності металу труб, поєднання яких із врахуванням методології оцінки ризику і безпеки, без сумніву, знизить ризик виникнення аварійних ситуацій на магістральних трубопроводах. Продовження терміну служби та забезпечення надійної роботоздатності трубопроводів, які експлуатуються в сучасних умовах, потребує розроблення комплексного методу оцінювання та прогнозування їх безпечної експлуатації. Тому важливими першочерговими завданнями в галузі підвищення еколого-техногенної безпеки нафтогазових родовищ України є:

- удосконалення системи екологічного моніторингу за об'єктами комплексу (від родовищ і трубопроводів до сховищ та об'єктів використання газу та нафти) на основі спостережень за змінами хімічного складу атмосфери та ґрунту, їх спектрально-фізичних параметрів;

- розроблення методології оцінювання впливу розмірів руйнування магістральних трубопроводів та величини втрат витоків на формування ареалів забруднення;

– розроблення наукових основ та організація постійного екологічного аудиту на об'єктах газотранспортної інфраструктури [8].

Представлені фактори необхідно враховувати під час проектування розробки родовищ та об'єктів нафтогазової промисловості. Це дозволить мінімізувати негативні екологічні ризики та розробити заходи та засоби зменшення впливу на довкілля процесів видобування вуглеводнів. Проведення аналізу ризиків нафтогазопроводів є важливою складовою в системі заходів, спрямованих на підвищення надійності, ефективності та безпечності експлуатації газопроводів. Аналіз дасть змогу виявити фактичне становище на ділянках газопроводів, спрогнозувати можливі негативні наслідки в разі виникнення надзвичайних ситуацій та дозволить вчасно вжити необхідні заходи з метою їх попередження [9].

Викорисані інформаційні джесла:

1. Азаров С. І., Литвинов Ю. В., Сидоренко В. Л. Екологічна безпека як складова національної безпеки України // Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. 2021. Випуск 2 (73). С. 142–146.

2. Агаркова Н., Качинський А., Степаненко А. Регіональний вимірекологічної безпеки України з урахуванням загроз виникнення техногенних і природних катастроф. К.: НІСД, 1996. 73 с.

3. Возняк М. П., Возняк Л. В., Кривенко Г. М. Дослідження ризиків небезпеки під час експлуатації магістральних нафтопроводів // Прикарпатський вісник НТШ. Число. Івано-Франківськ, 2009. №1(5). С.263–268.

4. Кривенко Г. М., Семчук Я. М., Возняк М. П., Возняк Л. В. Класифікація дефектів з'єднувальних трубопроводів підземних сховищ // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2004. №2(8). С.192–193.

5. Надійність лінійних частин магістральних трубопроводів – Reliability of Main Pipelines Linear Parts [Текст] : монографія / С. Ф. Пічугін, В. А. Пашинський, О. Є. Зима, П. Ю. Винников, Ж. Ю. Біла. Полтава : ПП «Астрия», 2018. 439 с.

6. Вдовиченко А. І., Коваль А. М., Чепіль П. М. Нарощування видобутку вуглеводнів в Україні за рахунок відновлювальних процесів // Нафтогазова інженерія. 2017. №1. С. 112–121.

7. Білецький В. С., Суярко В. Г., Сіренко В. І., Фик М. І., Орловський В. М. Екологічна безпека у нафтогазовій промисловості : конспект лекцій / за ред. Фик І. М. – Х. : НТУ «ХП», 2021. 175 с.

8. Екологічна безпека у нафтогазовій промисловості : конспект лекцій / В. С. Білецький [та ін.] ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Електрон. текст. дані. Харків, 2021. 175 с. – Представлено: С. 3–4 ; 5–39 ; 40–61 ; 62–64. – URI:<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54002>.

9. Степова О. В., Серга Т. М. Аналіз екологічних ризиків при транспортуванні вуглеводневої сировини // «Екологія. Людина. Суспільство»

: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Полтава, НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». 2021. С. 247–250.

10. <https://www.researchgate.net/publication/327221530> Ocinka stanu d ovkilla na dilankah avarijnih sverdlovin / Оцінка впливу на довкілля видобування нафти і газу в Україні.