

УДК 622.691.4

Л.Я. ПОБЕРЕЖНИЙ, к.т.н., доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ), м. Івано-Франківськ

ВПЛИВ АВАРІЙ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ НА ДОВКІЛЛЯ*

Розглянуто основні причини розгерметизації нафтогазопроводів та наслідки витоків транспортованого продукту для довкілля. Запропоновано загальні підходи до передбачення та попередження виникнення позаштатних ситуацій і мінімізації негативних наслідків для довкілля.

розгерметизація трубопроводів, стрес-корозія, екологічний ризик, ризик-аналіз

У наш час поглиблення екологічної кризи на планеті, коли зіткнення природи з цивілізацією та її законами все частіше закінчується не на користь першої, коли через техногенну діяльність людини виникають нові і нові проблеми: глобальне потепління, зменшення товщини озонового шару, забруднення водних ресурсів планети, ґрунтів, вирубка тропічних лісів тощо питання мінімізації негативного впливу на довкілля та науково обґрунтованих шляхів її вирішення стоять як ніколи гостро. Значна частка у забрудненні довкілля та негативному впливі на екологічну ситуацію належить світовому паливно-енергетичному комплексу і його частині – паливно-енергетичному комплексу України. Однією з багатьох причин погіршення екологічної ситуації є відмови та аварії нафтогазопроводів. Розглянемо деякі їх типи:

- розгерметизація підземних та наземних газо- та нафтопроводів;
- розгерметизація морських газо- та нафтопроводів.

Найбільший ризик аварійної ситуації існує на трубопроводах, які експлуатуються в складних умовах – морських глибоководних та гірських зсувонебезпечних районах.

Негативний вплив на довкілля у результаті розгерметизації трубопроводів зумовлений витоком транспортованого продукту. Залежно від важкості аварії наслідки можуть носити характер як локальних катастроф, так і катастроф регіонального, а в окремих випадках – національного масштабу. Страждає фауна та флора, – причому наслідки можуть відчуватися через роки після аварій. Нижче розглянемо вплив витоків нафти та газу на тваринний і рослинний світ.

Нафта чинить зовнішній вплив на птахів через прийом їжі, забруднення яєць в гніздах і зміну середовища проживання. Зовнішнє забруднення нафтою пошкоджує та сплутує пір'я (рис. 1), викликає подразнення очей. Загибель є результатом дії холодної води, птахи тонуть. Розливи нафти (від середніх до великих) викликають зазвичай загибель 5000 птахів.

Птахи, які більшу частину життя проводять на воді, найуразливіші до розливів нафти. Вони заковтують нафту, коли чистять дзьобом пір'я, п'ють, вживають забруднену їжу і дихають випаровуваннями. Заковтування нафти рідко викликає безпосередню загибель птахів, але веде до вимирання від голоду, хвороб, нападів хижаків. Яйця



Рис. 1 – Наслідки нафтового забруднення для морських птахів

* Стаття опублікована по матеріалам XV Международной конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов», г. Щелкино, АР Крым, 2007 г.



птахів дуже чутливі до дії нафти. Забруднене пір'я птахів призводить до замаслювання нафтою шкаралупи. Невелика кількість деяких типів нафти може виявитися достатньою для загибелі в період інкубації.

Розливи нафти в місцях проживання можуть чинити як швидкий, так і тривалий вплив на птахів. Випаровування від нафти, брак їжі та заходів з очищення можуть зменшити використання постраждалої ділянки. Дуже забруднені нафтою вологі ділянки; припливно-відпливні мулисті низини здатні змінити біоценоз на довгі роки.

Менше відомо про вплив розливів нафти на ссавців. Морські ссавці, які в першу чергу виділяються наявністю хутра (морські видри, полярні ведмеді, тюлені, новонароджені морські котики) частіше за інших гинуть від розливів нафти. Забруднене нафтою хутро починає злипатися і втрачає здатність утримувати тепло і воду. Крім того, нафта може викликати подразнення шкіри, очей і перешкоджати нормальній здатності до плавання. Відомі випадки, коли шкіра тюленів і полярних ведмедів вбирала нафту. Шкіра китів і дельфінів страждає менше. Нафта, що потрапила в організм, може викликати шлунково-кишкові кровотечі, ниркову недостатність, інтоксикацію печінки, порушення кров'яного тиску. Пари нафти ведуть до проблем органів дихання у ссавців, які знаходяться поблизу або безпосередньо біля великих розливів нафти. У Каліфорнії загинули величезні сумчасті щурі після отруєння нафтою. Бобрі і ондатри загинули від розливу авіаційного гасу на річці Вірджинія. Під час експерименту, проведеного в лабораторії, загинули щурі, які пропливли водою, забрудненою нафтою.

Нафта негативно впливає і на земноводних. Зародки черепах загинули або розвивалися ненормально після того, як яйця побували в піску, покритому нафтою. Личинки жаби піддавалися дії паливного мазуту № 6, появу якого можна було чекати в мілких водах внаслідок розливів нафти; смертність була більшою у личинок на останніх стадіях розвитку. Личинки всіх представлених груп і віку показали аномальну поведінку.

Риби піддаються впливу розливів нафти у воді при вживанні забрудненої їжі і води, а також при стиканні з нафтою під час руху ікри. Сира нафта і нафтопродукти відрізняються різноманітністю токсичної дії на різні види риб. Концентрація нафти у воді менша за 0,5-мільйонної частки здатна призвести до загибелі форелі. Майже летальний ефект нафта чинить на серце, змінює дихання, збільшує печінку, уповільнює ріст, руйнує плавники, призводить до різних біологічних і клітинних змін, впливає на поведінку. Личинки і памолодь риб найбільш чутливі до дії нафти, розливи якої можуть знищити ікру та личинки, що знаходяться на поверхні води, а памолодь – у неглибоких водах. Особливу небезпеку становлять також во-

дорозчинні фракції нафти (ВРФН). Для того, щоб оцінити потенційний вплив цього фактору навіть у дуже незначних концентраціях, наведемо декілька цифр:

- 0,000008 мл/л – викликає реакцію уникання забруднених зон у молоді російського осетра;
- 0,04–0,4 мл/л – призводить до появи у гупії різних пухлин і фізіологічних порушень;

20 мл/л – летальна доза для молоді російського осетра. У менших концентраціях ВРФН придушують нюхові центри за рахунок інтоксикації центральної нервової системи. Риби погано харчуються, нерухливі, лежать на дні.

У великих водоростей ВРФН викликають зміну забарвлення, гноблення точок росту, розкладання тканин і загибель організму. Нафтові вуглеводні виявляються у всіх органах риб уже в перші години знаходження їх у забрудненому середовищі. Максимальні концентрації ВРФН відзначаються в печінці й шлунку, потім у серці, нирках, зябрах, м'язах і гонадах. Вплив нафтового забруднення на насінники і яєчники риб призводить до зниження репродуктивного потенціалу, появи різних каліцтв і загибелі ембріонів. При тривалому знаходженні у воді, що містить ВРФН (навіть якщо концентрація їх поступово падає), рівень вуглеводнів у тканинах риб підвищується незалежно від вмісту в середовищі та зберігається на високому рівні тривалий час після переміщення риби в чисту воду [1].

Риби накопичують нафтові вуглеводні не тільки з води, але й з корму, у т.ч. і хижі риби, які пройшли через забруднені райони. Таким чином, токсичні вуглеводні, переходячи від однієї ланки до іншої, попадають в організм людини.

При контакті ВРФН зі шкірою кита протягом 35 хвилин вона знебарвлюється і стає проникною для інфекційних бактерій. За такий час відповідні концентрації викликають почервоніння шкіри людини. Регенерація займає 7–10 днів.

Безхребетні є хорошими індикаторами забруднення від витоків нафти через свою обмеженість в пересуванні. Опубліковані дані розливів нафти частіше відзначають загибель, ніж дію на організми в прибережній зоні, у відкладеннях або ж в товщі води. Вплив розливів нафти на безхребетних може тривати від тижня до 10 років.

Рослини через свою обмеженість у пересуванні також є хорошими об'єктами для спостереження за впливом на них забруднення навколишнього середовища. Опубліковані дані щодо впливу розливів нафти містять факти загибелі мангрових дерев, морської трави, більшості водоростей, сильного тривалого руйнування живності боліт; збільшення або зменшення біомаси і активності фотосинтезу колоній фітопланктону; зміни мікробіології колоній і збільшення числа мікробів. Вплив розливів наф-

ти на основні місцеві види рослин може продовжуватися від декількох тижнів до 5 років залежно від типу нафти, обставин розливу і видів, які постраждали. Робота з механічного очищення вологих місць може збільшити відновний період на 25 %–50 %. Для повного відновлення мангрового лісу необхідно 10–15 років. Рослини в товщі води великого об'єму повертаються до первинного (до розливу нафти) стану швидше, ніж це відбувається з рослинами в менших водоймах. Загалом нафта викликає загибель, сповільнює ріст та відтворення великих рослин.

Тепер розглянемо наслідки впливу витоків нафтопродуктів на такі біологічні системи:

ВІДДАЛЕНА МОРСЬКА ЗОНА

Навколишнє середовище віддаленої зони моря характеризується глибиною води, віддаленістю від берега і обмеженою кількістю організмів, які схильні до дії розливів нафти. Нафта розтікається по воді, розчиняється у водній товщі під впливом вітру і хвиль.

Кількість морських птахів, ссавців, рептилій у віддаленій зоні менша, ніж біля берега, тому великі розливи нафти тут не чинять значного впливу на ці види. Дорослі риби також нечасто стають жертвами розливів нафти. Фітопланктон, зоопланктон і личинки риб на поверхні води схильні до дії нафти, тому можливе зменшення чисельності цих організмів на місцевому рівні.

Віддалена зона не є пріоритетною під час проведення очисних робіт. Зазвичай з нафтою нічого не роблять доти, поки вона не несе загрози узбережжю. Однак у випадку аварій глибоководних трубопроводів можливе попадання дорослих риб у зону ураження, що спричинить додаткові важкі наслідки.

ПРИБЕРЕЖНА МОРСЬКА ЗОНА

Навколишнє середовище прибережної зони тягнеться від глибоких вод віддаленої зони до рівня низьких вод, тому є складнішим і біологічно продуктивнішим, ніж навколишнє середовище віддаленої зони. До прибережної зони відносяться: перешийки, ізольовані острови, бар'єрні (берегові) острови, гавані, лагуни та гирла. Рух води залежить від припливів і відпливів, складних підводних течій, напрямку вітру. У мілких водах прибережної зони можуть знаходитися бурі водорості, морська трава тощо. Нафта може збиратися навколо островів і вздовж узбережжя, особливо в захищених місцях. Велика кількість нафти на поверхні води, коли глибина сягає лише декількох метрів, може створити значну концентрацію нафти у водній товщі та у відкладеннях. Рух нафти біля поверхні води матиме безпосередній контакт з дном моря.

Концентрація птахів сильно змінюється залежно від місця і пори року. Багато птахів дуже чутливі до нафти, яка знаходиться на поверхні. Розливи нафти – велика загроза в шлюбний період в місцях гніздування колоній і в місцях зупинок в період міграцій.

Організми, які мешкають на поверхні води (фітопланктон, зоопланктон, личинки безхребетних), можуть піддаватися дії нафти. Молюски, ракоподібні, різні види черв'яків та ін. організми підводної флори і фауни можуть також сильно постраждати на поверхні води.

МОРСЬКЕ УЗБЕРЕЖЖЯ

Узбережжя складається із зон, розташованих між високими і низькими водами, та прилеглих ділянок землі, на яких мешкають тварини і рослини, що відносяться до морського середовища. До цього середовища відносяться: скелясті кручі, піщані пляжі, галечники, скелі, мулісти мілини, болота та прилеглі нагірні ділянки. Небезпечний вплив розливів нафти зростає зі збільшенням пористості нижнього шару ґрунту (субстрату) і зменшенням сили хвиль.

У деяких місцях можна виявити щільно населені гніздування птахів в шлюбний період і велику кількість птахів в період міграції. Приховані від вітру ділянки також захищають велику кількість птахів на березі від хижаків, що поїдають рибу. Тому в цей період нафта на узбережжі є величезною небезпекою. Живі організми мілководдя можуть серйозно постраждати від розливів нафти уздовж берегової лінії.

Берегова лінія непористого походження (скелі) або слабкої пористості (щільний піщаний ґрунт, дрібнозернистий пісок), що піддається інтенсивній дії хвиль, зазвичай досить швидко очищується природним шляхом. Пляжі з грубозернистого піску і галечники часто очищуються за допомогою важкого пересувного устаткування. Очищення скелястих пляжів складне і вимагає інтенсивної роботи. Припливно-відпливні мулісти мілини і болота дуже важко очищати через нетвердість субстрату, рослинності і недостатню ефективність очисних методів. На таких ділянках зазвичай застосовуються методи, які зводять до мінімуму руйнування субстрату і підсилюють природне очищення. Обмеженість доступу до побережжя часто сильно заважає очисним роботам.

ОЗЕРА ТА РІЧКИ

Озера та закриті водойми відрізняються процентним вмістом солі – від прісних (менше 0,5-мільйонної частки) до сильно солоних (40-мільйонних часток). Озера сильно відрізняються за розмірами, конфігурацією і характерис-



тиками води, тому вплив розлитої нафти і біологічні наслідки важко передбачити. Мало відомо про вплив і наслідки розливів нафти на екосистему прісних вод. Нижче наведені деякі важливі спостереження щодо озер:

- хімічні і фізичні особливості нафти зазвичай аналогічні таким у морях;
- рівень змін і відносна важливість кожного механізму змін може відрізнятися;
- вплив вітру і течій знижується зі зменшенням розмірів озер. Невеликі розміри озер (порівняно з морями) підсилюють ймовірність того, що розлита нафта досягне берега при відносній стійкості погоди.

Річки – це рухомі прісні води, які відрізняються за довжиною, шириною, глибиною та водними характеристиками. Загальні спостереження за річками:

- через постійний рух води в річці навіть невелика кількість розлитої нафти може вплинути на велику масу води;
- розливи нафти мають значення при стиканні з берегами річок;
- річки можуть швидко переносити нафту під час паводку, який за силою рівний морському припливу.

Мілкі води і сильні течії деяких річок можуть сприяти проникненню нафти в товщу води. Найбільше потерпають від розливів нафти на озерах і річках птахи – такі, як качки, гуси, лебеді, гагари, чомги, погониші, лисухи, баклани, пелікани, зимородки. Найбільш висока концентрація цих видів в північних широтах спостерігається у перед- і міграційний періоди. У південних широтах найбільш висока концентрація цих птахів в зимовий період. Баклани і пелікани також осідають колоніями для гніздування. Ондатри, річкові видри, бобрі і нутрії – ссавці – найбільш схильні до дії забруднення.

Рептилії і земноводні стають жертвами розливів нафти, коли стикаються з нею в мілких водах. Яйця земноводних, відкладені поблизу поверхні мілких вод, також піддаються впливу нафти.

Дорослі риби гинуть в мілких водах струмків, куди потрапляє нафта. Види, що населяють мілководдя біля берегів озер і річок, також несуть втрати. Смертність риби в річках важко визначити, оскільки загинула і покалічена риба виноситься течією. Фітопланктон, зоопланктон, ікра, личинки поблизу поверхні озер також схильні до впливу нафти. Водяні комахи, молюски, ракоподібні та ін. представники флори і фауни можуть підпадати під серйозний вплив нафти в мілководних озерах і річках. Багато загинулих і покалічених прісноводних виноситься течією.

Заходи щодо захисту і очищення озер ідентичні заходам, які застосовуються для очищення морів. Проте, ці заходи не завжди придатні для захисту і очищення річок (відсмоктування за допомогою насосів, використання

абсорбентів). Швидке розповсюдження нафти течією вимагає швидкого реагування і взаємодії місцевих органів щодо очищення простими методами забруднених річок. Розливи нафти в зимовий період важко очищати, якщо нафта змішається або замерзне під льодом.

ВОЛОГІ ДІЛЯНКИ СУШІ

Вологі ділянки виникають вздовж морського узбережжя в закритих місцях, де вплив вітру мінімальний, і вода приносить багато осадових матеріалів. Такі райони мають дещо похилу поверхню, на якій ростуть терпимі до солоної води трави, деревні рослини; сюди відносяться і припливно-відпливні канали без будь-якої рослинності. Ці райони так само відрізняються за розмірами – від невеликих ізольованих ділянок в декілька гектарів до низинних ділянок узбережжя, що тягнуться на багато кілометрів. Вологі ділянки суші, на які потрапляє вода зі струмків, відрізняються за кількістю солі (від солоних до прісних). Вони або знаходяться під водою постійно, або бувають сухими до появи весняних струмків.

Неморські вологі ділянки виникають на межах між озерами (прісними і солоними), уздовж струмків, або це ізольоване місце проживання, яке залежить від кількості опадів або ґрунтових вод. Зустрічається різноманітна рослинність від водяних рослин до чагарників і дерев. Найчастіше птахи використовують вологі ділянки помірних широт. На одних вологих ділянках активність велика, на інших обмежена. Вологі ділянки активно використовуються в період міграції та після закінчення зими. Найбільш небезпечні розливи нафти для качок, гусей, лебедів тощо. Ондатри, річкові видри, бобрі, нутрії і деякі дрібні ссавці, що населяють вологі ділянки, також можуть постраждати від забруднення. Рептилії і земноводні страждають від розливів нафти в період кладки яєць, а також, коли дорослі особини і личинки знаходяться в мілких водах.

Дорослі риби гинуть на вологих ділянках, якщо вони не мають можливості піти в глибокі води. Ікра риби, личинки, фітопланктон, зоопланктон, морські комахи, молюски, ракоподібні та інші представники фауни і флори, які знаходяться в мілких водах або поблизу поверхні, можуть сильно постраждати від розливів нафти.

Вологі ділянки заслуговують першочергового захисту через високу продуктивність, нестійкість субстрату і рясну рослинність. Розлита нафта потрапляє на вологі ділянки, звідки її важко видаляти. Дія припливів розносить нафту по вологих ділянках узбережжя, а рослинність прісних і солоних вод утримує її. Захисні заходи і очисні методи зазвичай є нерушівними (швидкий підйом, абсорбенти, промивання під низьким тиском, викорис-

тання природного дренажу). Переважно очищення є природним, коли забруднення не дуже сильне.

Шкідливий вплив на довкілля витоків природного газу зумовлений тим, що основний (більше 90 %) його компонент – метан – належить до парникових газів і вносить свою лепту в глобальне потепління на планеті. Більше того, 1 кг метану спричиняє таку ж негативну дію, як 35 кг вуглекислого газу. Якщо скористатися даними ПАТ «Газпром» [2], згідно з якими при транспортуванні на 2500 км втрати газу становлять в середньому 1,2 %, за допомогою нескладних математичних перетворень отримаємо, що при транспортуванні на 1000 км 100 млрд м³ газу (річний транзит в ЄС через Україну) шкода довкіллю лише за рахунок втрат буде еквівалентна викиду в атмосферу 12 млн т вуглекислого газу.

Можемо зробити висновок, що нафтогазопроводи є об'єктами підвищеної екологічної небезпеки, і лише постійний моніторинг їхнього стану з використанням сучасних науково обґрунтованих комплексних методик оцінки без-

пеки, надійності, залишкового ресурсу [3] з обов'язковим всебічним ризик-аналізом надасть змогу вчасно вжити необхідних заходів з попередження аварій та відмов і зменшити екологічний ризик до прийнятного рівня.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Патин С. А. Добыча нефти и газа на морском шельфе: эколого-рыбохозяйственный анализ // Рыбное хозяйство. – 1994. – N 5. – С. 30–33.
2. Мазур И. И., Иванцов О. М. Безопасность трубопроводных систем. – М.: ИЦ «Элима», 2004. – 1104 с.
3. Побережный Л. Я. Прогнозирование ресурса работы морских нефтегазопроводов // Международная конференция Разрушение и мониторинг свойств металлов, Екатеринбург, Россия, 26–30 мая 2003 г. – Екатеринбург: ИМАШ УрОРАН, 2003. – С. 87.

Поступила в редакцию 06.04.2007

Рассмотрены основные причины разгерметизации нефтегазопроводов и последствия вытекания транспортируемого продукта для окружающей среды. Предложены общие подходы для прогнозирования и предупреждения внештатных ситуаций, а также минимизации негативных последствий для окружающей среды.

Principal reasons of depressurizing of oil and gas pipelines and consequences on an environment of flowing out of the transported products are considered. General approaches for preventing contingencies as well as minimizing of negative influence on environment are suggested.