

НАФТОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ ЙОГО НАСЛІДКІВ

Розглянуто причини забруднення поверхневих вод, способи розрахунку маси нафти, скинутої у водний об'єкт, основні методи боротьби з розлитом нафтою.

Ключові слова: нафтова плівка, основні причини забруднення води нафтою, способи боротьби з нафтовими розливами.

Рассмотрены причины загрязнения поверхностных вод, способы расчета массы нефти, сброшенной в водный объект, основные методы борьбы с разлитой нефтью.

Ключевые слова: нефтяная пленка, основные причины загрязнения воды нефтью, способы борьбы с нефтяными разливами.

Reasons of contamination of surface-water, methods of calculation of mass of oil, downfaulted in a water object, basic methods of fight against the poured out oil, are considered.

Key words: нефтяная пленка, основные причины загрязнения воды нефтью, способы борьбы с нефтяными разливами.

Вступ. У загальній проблемі забруднення річок, морів і океанів одне з провідних місць належить вуглеводням, і в першу чергу нафті і нафтопродуктам [1]. Саме нафта впродовж декількох останніх десятиліть є основним токсикантом води, боротьба з якою стала актуальною міжнародною проблемою. До найбільш шкідливих хімічних забруднювачів, як зазначено у прийнятій Міжнародній конвенції із запобігання забруднення моря з суден (1973 р.), зміненої і доповненої відповідно до протоколу від 1978 року (MARPOL 73/78), належать нафта та продукти її переробки (до 3000 інгредієнтів), багато з яких отруйні для будь-яких живих організмів. Запобігання подібним забрудненням – одна зі складних і багатопланових технічних проблем сучасності [2].

Постановка проблеми. Існує чимало способів боротьби з нафтовими розливами та ліквідації їхніх наслідків. Плаваюча нафтова плівка може захоплювати величезні простори. Встановлено, що одна крапля нафти утворює на поверхні водойм пляму площею приблизно 0,25 м², а одна тонна нафти покриває площу близько 500 га поверхні водойми. Зібрати або знищити нафту, розливу по поверхні води, досить важко, і інженерна думка поки безуспішно шукає радикальні засоби боротьби з цим лихом. Плівка нафти перешкоджає так званій аерації, тобто процесу поглинання водою кисню з атмосфери. При постійній витраті кисню у водоймі, припинення аерації може виявитися згубним для живого світу водойми. Нафта і нафтопродукти належать до речовин, які важко окислюються мікроорганізмами, тому самоочищення водойм, забруднених нафтою, відбувається на дуже великих відстанях, іноді за 500-900 км від місця забруднення можна виявити сліди вуглеводнів нафти.

Основними причинами забруднення води нафтою є:

1. Техногенні катастрофи.

Танкерний флот забезпечує транспортування половини видобутої на світовому шельфі нафти. У світі видобувають близько 2,2 мільярда тонн нафти на рік, при цьому в морі – близько 440 мільйонів тонн. Її транспортування на танкерах (щорічно по 1,5 млрд т), звичайно ж, не обходиться без аварій, причина яких полягає в господарській діяльності людей, часто пов'язаної з прийняттям непродуманих рішень, халатністю, а іноді просто з непрофесіоналізмом і незнанням природних закономірностей.

Техногенні екологічні катастрофи, викликані розливами нафти при аваріях на танкерах, є найбільш поширеними. За даними міжнародної організації ІМСО, загальна кількість нафти і нафтопродуктів, які щорічно потрапляють у води Світового океану, вже зараз досягає 10 млн т. Причому ця небезпека зростає із збільшенням тоннажу танкерів і їх кількості. За підрахунками фахівців, загальна ймовірність аварії дорівнює 0,4 на 1000 рейсів. Ймовірність ризику розливу приймається рівною 0,05 на 1000 рейсів у відкритому морі і 0,25 в небезпечних місцях. З урахуванням можливої частоти аварії з посадкою на міліну і зіткненням – середній розмір нафтового розливу може бути оцінений як 1/48 від кількості перевезеної за рейс нафти.

2. Промислово-побутова діяльність людини.

Великі маси нафти з суші надходять у моря по ріках, з побутовими й зливними стоками. Обсяг забруднення нафтою з цього джерела перевищує 2 млн т нафта на рік. Зі стоками промисловості і нафтопереробних заводів у море щорічно потрапляє до 0,5 млн т нафти [3].

3. Природний розлив нафтопродуктів.

У протоці Санта-Барбара у Каліфорнії вже багато століть у море просочується з тріщин і ущелин у морському дні щорічно 3000 т нафти, проте

забруднення біля берегів не спостерігається. Порівняно швидке поглинання нафти пояснюється декількома причинами:

1. Нафта випаровується. Бензин повністю випаровується з поверхні води за шість годин. За добу випаровується не менше 10 % сирої нафти, приблизно за 20 днів – 50 %. Але більш важкі нафтопродукти майже не випаровуються.

2. Нафта емульгує, розбивається на дрібні крапельки. Сильне хвилювання моря сприяє утворенню емульсії нафти у воді і води в нафті. При цьому суцільний килим нафти розривається, перетворюється в дрібні крапельки, що плавають у товщі води, нафта розчиняється. У її складі є речовини, розчинні у воді, хоча їхня частка, загалом, невелика.

Для визначення маси нафти, розлитої на поверхні водою, проводяться розрахунки за визначеною методикою [4].

Розрахунок маси нафти та нафтопродуктів, скинутих у водний об'єкт внаслідок витoku або виливу, може відбуватися такими способами:

1. Розрахунок маси нафти та нафтопродуктів (далі – нафта) за фактичними даними обсягу розлитої нафти може бути визначений за балансом між початковою кількістю нафти, що знаходилася у ємності, і кількістю нафти, що у ній залишилася після виливу. Кількість нафти у ємності визначається за даними документів про заповнення ємності або будь-яких інших даних. Розрахунок здійснюється за формулою

$$M_H = M_{\text{поч}} - M_{\text{зал}}, \quad (1)$$

де M_H – маса нафти, що потрапила у водний об'єкт, т;

$M_{\text{поч}}$ – початкова маса нафти, що перебувала в ємності, т;

$M_{\text{зал}}$ – маса нафти, що залишилася в ємності після виливу, т.

2. У випадку розливу нафти під час вантажно-розвантажувальних робіт, коли кількість нафти, що перекачується, фіксується приладами, маса скинутої нафти встановлюється за показаннями вимірювальних приладів про кількість перекачаної нафти і фактичну наявність нафти у відповідних ємностях або розраховується з огляду на продуктивність перекачувального механізму і часу виливу.

3. Розрахунок маси нафти за результатами інструментально-лабораторних вимірювань. Оцінюється маса нафти на одиниці площі поверхні води та концентрація розчиненої і емульгованої нафти у забрудненому водному шарі.

Маса нафти, що потрапила у водний об'єкт (M_H), розраховується за формулою

$$M_H = M_{\text{П}} + M_{\text{Р}}, \quad (2)$$

де $M_{\text{П}}$ – маса нафтової плівки, т;

$M_{\text{Р}}$ – маса розчиненої та емульгованої нафти, т.

Маса нафтової плівки ($M_{\text{П}}$) визначається за формулою

$$M_{\text{П}} = M_{\text{ПМ}} \cdot S \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

де $M_{\text{ПМ}}$ – питома маса нафти на 1 м² поверхні води, г/м², яка визначається за табл. 1;

S – площа поверхні води, забрудненої нафтою, м².

Таблиця 1

Питома маса нафти на 1 м² поверхні води при різному зовнішньому вигляді нафтової плівки (МПМ)

№	Зовнішні ознаки нафтової плівки	Маса нафти на 1 м ² поверхні води, г
1	Чиста водна поверхня без ознак опалесценції (відсутність ознак кольоровості при різних умовах освітлення)	0
2	Відсутність плівки і плям, окремі райдужні смуги, що спостерігаються за найбільш сприятливих умов висвітлення і спокійному стані водної поверхні	0,1
3	Окремі плями і сірі плівки срібlistого нальоту на поверхні води, що спостерігаються при спокійному стані водної поверхні, поява перших ознак кольоровості	0,2
4	Плями і плівки з яскравими кольоровими смугами, що спостерігаються при слабких хвилях	0,4
5	Нафта у вигляді плям і плівки, що покриває значні ділянки поверхні води, що не розриваються хвилями, з переходом кольоровості до тьмяної мутно-коричневої	1,2
6	Поверхня води покрита суцільним шаром нафти, добре видимим на хвилях, кольоровість темна, темно-коричнева	2,4

Маса нафти, що перейшла у водний об'єм у розчиненому і емульгованому стані ($M_{\text{Р}}$), визначається за формулою

$$M_{\text{Р}} = h \cdot S \cdot (C_{\text{Н}} - C_{\text{Ф}}) \cdot 10^{-6}, \quad (4)$$

де h – товщина шару води, забрудненого нафтою, м. При глибинах, менших ніж 10 м, h приймається рівною середній глибині водойми в районі знаходження нафтової плями. Якщо глибина водойми в районі знаходження нафтової плями більша 10 м, то h приймається рівною 10 м;

S – площа забруднення водного об'єкта нафтою (м²), яка визначається методом експертних оцінок, інструментальним методом або методом аерофотозйомки;

$C_{\text{Н}}$ – середня концентрація розчиненої і емульгованої нафти у забрудненому об'ємі води під нафтовою плямою, г/м³, яка визначається за формулою

$$C_{\text{Н}} = (C_1 + C_2 + C_3)/3, \quad (5)$$

де C_1 , C_2 , C_3 – концентрація розчиненої і емульгованої у воді нафти на глибинах 1 м, $h/2$ і h м, г/м³;

$C_{\text{Ф}}$ – фонові концентрація розчиненої і емульгованої нафти у воді цього водного об'єкта, г/м³.

Дані про фонову концентрацію можуть бути отримані в організаціях, що проводять екологічний моніторинг стану водних об'єктів, або визначаються контролюючими органами безпосередньо в момент фіксації забруднення за результатами інструментально-лабораторних вимірювань проб води, відібраних поза зоною забруднення. Ці роботи виконуються лабораторіями, які атестовані на право проведення зазначених інструментально-лабораторних вимірювань. Фінансування робіт здійснюється за рахунок забруднювача.

У разі, якщо фонові концентрація не встановлена, значення $C_{\text{Ф}}$ приймається рівним ГДК нафти з урахуванням категорії забрудненого водного об'єкта згідно з табл. 2.

Значення коефіцієнта $K_{кат}$, що враховує категорію водного об'єкта

Категорія водного об'єкта	$K_{кат}$
Поверхневі водні об'єкти:	
господарсько-побутового використання	1,0
питного водокористування	1,4
Поверхневі водні об'єкти рибогосподарського використання:	
II категорії	1,6
I категорії	2,0
вищої категорії	2,5
Підземні води:	
питні та мінеральні	5,0
інші (промислові, технічні)	3,0

У разі скиду у водний об'єкт, який знаходиться у межах населеного пункту, коефіцієнт збільшується в 1,2 рази.

У разі скиду в озера, ставки та інші непроточні водні об'єкти коефіцієнт збільшується у 1,5 рази.

Сучасний арсенал методів і засобів, наявних у розпорядженні служб по боротьбі з розливами нафти, дуже різноманітний і включає хімічний, механічний та біологічний методи, які, зазвичай, доповнюють один одного.

1. Хімічний метод полягає в тому, що на водну поверхню наносяться різні хімічні реагенти, які вступають у реакцію із забруднювачами і перетворюють їх у нерозчинені опади. Хімічним очищенням досягається зменшення нерозчинних домішок до 95 % і розчинних до 25 %. Цей спосіб полягає в приготуванні сорбенту для очищення води від нафти і нафтопродуктів, включає обробку алюмосилікатних порожнистих мікросфер (золи вугільних теплоелектростанцій) сирого нафтою і подальше її випалювання займанням при вільному доступі повітря (горіння) з підтриманням процесу до припинення горіння, важливо, щоб не було втручання людини в цей процес. Адсорбційна здатність адсорбенту становить 800 мг/г (470 мг/см³). Ступінь об'ємного очищення води від водно-емульсійних і розчинених нафти і нафтопродуктів не менше 98 % [5; 6]. Такий спосіб боротьби з нафтовими забруднювачами економічно вигідний, але не може бути застосований на великій площі. Також хімічний метод не забезпечує екологічну чистоту процесу очищення і вимагає великих витрат для виготовлення хімікатів, їх транспортування та зберігання.

2. Суть механічного методу полягає в тому, що з морської поверхні, забрудненої нафтопродуктами, забруднювачі збираються боновими загородженнями [3]. Цей метод ефективний на великих площах і може застосовуватися як на великих глибинах, так і на мілководді. Разом із тим, метод вимагає великих енергетичних витрат і додаткових конструктивних елементів, що знижує продуктивність.

3. Біологічний метод очищення морських вод заснований на обробці забрудненої акваторії поліакриламідом, що містить 5-80 % гель-фракції з іммобілізованими в ньому аеробними морськими мікроорганізмами, вибраними з групи *Alteromonas*, *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Delia*, *Moraxella*, *Bacillus*, *Flovabacterium*, *Micrococcus*, *Micobacterium* або їх сумішами. Таким чином, біологічні сорбенти тонкою бактеріальною плівкою покривають всю забруднену поверхню. Завдяки цій плівці інтенсивно протікають процеси біологічного окислення, і відбувається деструкція нафтопродуктів [6; 7]. Такий метод максимально ефективний для боротьби з нафтовими забруднювачами, однак призводить до значних фінансових витрат, необхідних для виготовлення біосорбентів. Також біологічний метод не забезпечує регенерацію розлитої нафти, що призводить до неможливості використання нафтопродуктів як вторинної сировини.

Висновки. Нафтове забруднення призводить до загибелі 50 % молодих морських організмів. Нафта погубила б океан, якщо б не було бактерій, морських тварин (планктон, нектон), які здатні засвоювати розчинену нафту. Боротьба з нафтовим забрудненням – складне і невідкладне завдання. Джерелами забруднення ґрунтів і водойм нафтою та нафтопродуктами є підприємства нафтовидобутку, транспорту нафти та нафтопродуктів, які навіть при проведенні регламентних робіт завдають шкоди навколишньому середовищу, а аварійні ситуації можуть призводити до багаторічних екологічних катастроф. Світовий досвід боротьби з нафтовим забрудненням морського середовища показує, що, як наслідок, виникає складність при визначенні вартості збитку в результаті забруднення, яка значно змінюється залежно від обсягу, обставин розливу, виду пролитої нафти, географічного положення, пори року і гідрометеорологічних умов, зниження рибних уловів, втрата біомаси та інші наслідки. Економічний аналіз збитку проводиться за допомогою визначення вартості витрат на очищення морського середовища і берегової лінії від нафтового забруднення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Адсорбція поверхнево-активних речовин із стічних вод, забруднених нафтопродуктами / Максимюк М. Р., Чумак В. Л., Нешта Т. В., Босак Ю. С. // Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції «АВІА-2013». – НАУ. – С. 21–23.

2. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78).
3. ММФ от 19.03.90 № 29, Правила ведения работ по очистке загрязненных акваторий портов, РД 31.04.01-90
4. <http://zakon.nau.ua/>.
5. Есенкова Н. П. Технология ликвидации разливов нефтепродуктов на основе нетканого сорбента / Н. П. Есенкова, С. Г. Бачерникова, А. И. Михалькова, Н. В. Пузанова // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 2. – С. 95–96.
6. Набаткин А. Н. Применение сорбентов для ликвидации нефтяных разливов / А. Н. Набаткин, В. Н. Хлебников // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 11. – С. 61–63.
7. Effects of temperature of mineralization of petroleum in contaminated Antarctic terrestrial sediments / Fergusson S., Franzmann P., Snape I., Revill A. Trefry M., Zappia L. // Chemosphere. – 2003. – V. 52. – № 6. – P. 975–987.

Рецензенти: Григор'єва Л. І., д. б. н., професор;
Томілін Ю. А., д. б. н., професор.

© Максимюк М. Р., Міцкевич Д. І.,
Міцкевич А. І., 2014

Дата надходження статті до редколегії 16.04.2014 р.

МАКСИМЮК Марія Романівна – доцент кафедри хімії і хімічної технології, кандидат хімічних наук НАУ, м. Київ.

Коло наукових інтересів: видалення органічних забруднень із вод, що містять нафтопродукти.

МІЦКЕВИЧ Дмитро – юрист Міністерства юстиції України, м. Київ.

Коло наукових інтересів: екологічний аудит.

МІЦКЕВИЧ Анна – студентка IV курсу НАУ, м. Київ.

Коло наукових інтересів: екологія навколишнього середовища.