

УДК 57.087

Сушинська М.М., Турчик П.М. (Україна, Вінниця)

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АКВАТОРІЙ НАФТОЮ ТА НАФТОПРОДУКТАМИ

Постановка проблеми

Існування біосфери і людини завжди було основане на використанні водних ресурсів. Людство постійно прагнуло до збільшення водоспоживання, збільшуючи техногенне навантаження на гідросферу. Встановлено, що понад 400 груп речовин можуть викликати забруднення води. Розрізняють хімічні, біологічні і фізичні забруднювачі. Серед хімічних забруднювачів до найбільш поширених відносять нафту і нафтопродукти, СПАР (синтетичні поверхнево-активні речовини), пестициди, важкі метали та ін. Дуже небезпечно забруднюють воду біологічні забруднювачі: віруси та інші хвороботворні мікроорганізми; і фізичні – радіоактивні речовини, теплове забруднення та ін [1-2].

Широке та різноманітне застосування нафтопродуктів у народному господарстві як палив, індустриальних масел, мастил, емульсій, розчинників призводить до того, що стічні води майже всіх промислових і транспортних підприємств у різних кількостях містять нафтові забруднення. Особливо великі об'єми забруднених нафтопродуктами вод утворюються при експлуатації водооборотних систем охолодження нафтопереробних заводів. Небезпечним явищем також є аварії танкерів у водах Світового океану.

Проблемами забруднення гідросфери нафтою та нафтопродуктами займалися такі вчені як П.А.Коротков, А.И. Писанський, Н.М. Джура, Ю.М. Ситник, Гомеля Н.Д. та ін.

Запобігання потраплянню нафтопродуктів у навколишнє середовище шляхом знешкодження стічних вод є одним з заходів, спрямованих на посилення екологічної безпеки держави [1].

Екологічна небезпека, пов'язана з нафтою та нафтопродуктами

Дуже небезпечним джерелом для водоймищ є нафта і нафтопродукти. Нафта – складна суміш із тисяч різних органічних компонентів. Поведінка нафти у водоймах мінлива та залежить не тільки від її типу, але й від температури, а також інших фізичних параметрів навколишнього середовища.

Слід зазначити, що до складу нафти входять різні класи вуглеводнів: аліфатичні (метанові), циклічні насичені (нафтенові), циклічні ненасичені (ароматичні). Вона є токсичною речовиною, особливо для гідроекосистем та їх мешканців.

Не дивлячись на ряд міжнародних угод, забруднення гідросферою нафтою прогресує. Розрахунки показують, що літр нафти, розлитої по поверхні моря, поглинає розчинений кисень із 400 тис. літрів морської води. Тонна нафти, розтікаючись по поверхні води, може покрити плівкою акваторію в 10 квадратних кілометрів.

Нафтове забруднення належить до найбільш поширених техногенних надзвичайних ситуацій, які завдають значної шкоди для природних екосистем та деяких видів господарської діяльності: рибальства, туризму та ін. За даними статистики, 45 % нафтового забруднення Світового океану припадає на транспорт, де основними причинами є:

аварії на нафтових танкерах;

забруднення, пов'язані з несанкціонованими викидами кораблів (баластові води, протікання машинного відділення та ін.)

З розвитком промисловості, транспорту забруднення Світового океану зростає й набуває глобального характеру. Особливістю викидів нафтопереробних заводів та хімічної промисловості є їх локальний характер, що призводить до утворення високих концентрацій нафти і нафтопродуктів на обмеженій, переважно прибережній ділянці морської акваторії. Смоли і асфальтени є компонентами нафтового забруднення, найбільш стійкі до впливу зовнішніх факторів.

Широке розповсюдження плівкової нафти впливає на природу океану та клімат Землі, вміст кисню і водяної пари в атмосфері. Нафтопродукти, що надходять до Світового океану, знижують здатність води до природного самоочищення, змінюють санітарний режим, стимулюють розвиток деяких патогенних бактерій та вірусів. Негативний вплив нафтових забруднень позначається і на інших ланках природних екосистем, включаючи водорості, ракоподібні, молюски, риби та інші.

Однією з особливостей нафтових вуглеводнів є здатність збільшувати свій вміст у 10 разів на кожному наступному рівні трофічного ланцюга. Отже, якщо нафтові вуглеводні або хлоровані дифеніли потрапляють спочатку у водорості, потім по ланцюгам живлення до риб, то їх накопичується вже в 10 тис. разів більше, ніж у початковій ланці, і в 100 тис. разів більше, ніж у воді.

Зростаюча зацікавленість у консервуванні національних водних ресурсів безпосередньо впливає на промислові та нафтопереробні підприємства. Галузі промисловості стикаються з більш жорсткими нормативами скиду нафтовмісних стічних вод, невиконання яких, у поєднанні з посиленням контролем з боку екологічних та санітарно-епідеміологічних організацій, може потенційно вилитися у досить суттєві штрафи [1-2].

Еколого-економічна оцінка забруднення водою нафтою

Збитки від забруднення нафтою включають:

збитки від забруднення навколишнього природного середовища (у тому числі прямі збитки внаслідок погіршення стану навколишнього природного середовища, загибелі риби, гідробіонтів, кормових організмів, порушення нерестовищ) та втрачені внаслідок такого забруднення доходи (втрата потомства риби тощо);

витрати на заходи з відтворення природних ресурсів, які були фактично вжиті або мають бути вжиті;

витрати на попереджувальні заходи, а також подальші збитки або шкоду, заподіяну попереджувальними заходами;

неодержані внаслідок порушення господарської діяльності доходи.

Маса скинутої нафти розраховується на підставі виявлення під час перевірки судна та судових документів фактів втрати судном нафти; заміру маси нафти, зібраної з водної поверхні та берегової смуги, з урахуванням маси нафти, що залишилася після проведення заходів з ліквідації наслідків забруднення; результатів аерозйомки, візуальної оцінки площі забруднення та товщини нафтової плівки на водній поверхні.

Маса скинутої нафти розраховується за формулою:

$$M_i = M_3 + M_o, \quad (1)$$

де M_i – маса скинутої нафти, тонн;

M_3 – маса нафти, зібраної з водної поверхні та берегової смуги, тонн;

M_o – маса нафти (тонн), яка залишилася на поверхні води після проведення заходів з ліквідації наслідків забруднення, що розраховується за такою формулою:

$$M_o = M_n \cdot S \cdot 10^{-6}, \quad (2)$$

де M_n – маса нафти на 1 кв. метр водної поверхні, визначена на підставі результатів аерозйомки та візуальної товщини нафтової плівки, г/кв. метр (візуальна товщина нафтової плівки визначається згідно з табл. 1);

S – площа розливу нафти на поверхні води, кв. метрів.

У разі скидання нафти в суміші з водою її маса розраховується виходячи з концентрації нафти у суміші та маси скинутої суміші.

Обчислення розміру збитків, завданих внаслідок забруднення навколишнього природного середовища, що сталося у разі витоку або зливу нафти із суден, проводиться у доларах США з урахуванням визначеної маси нафти та такс, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 3 липня 1995 р. № 484 “Про затвердження такс для обчислення розміру відшкодування збитків, заподіяних внаслідок забруднення із суден, кораблів та інших плавучих засобів територіальних і внутрішніх морських вод України” [3].

Визначення маси нафти на 1 кв. метр водної поверхні за зовнішнім виглядом нафтової плівки (середні дані)

Зовнішні ознаки	Маса нафти на 1 кв. метр водної поверхні, грамів
Чиста водна поверхня без ознак забарвлення при різноманітних умовах освітлення	0
Відсутність нафтової плівки і плям, окремі райдужні смуги, які видно при найбільш сприятливих умовах і спокійному стані водної поверхні	0,1
Окремі плями та сіра плівка сріблястого кольору на поверхні води, яку видно при спокійному стані водної поверхні, поява перших ознак забарвлення	0,2
Плями і нафтова плівка з яскравими кольоровими смугами, які видно при незначному хвилюванні водної поверхні	0,4
Нафта у вигляді плям і плівки, що покриває значні ділянки поверхні води, які не розриваються при хвилюванні водної поверхні	1,2
Поверхня води покрита суцільним шаром нафти, яку добре видно при хвилюванні водної поверхні, забарвлення нафтової плівки темне, темно-коричневе	2,4

Лідарні методи виявлення нафтових забруднень акваторій

Перспективним напрямком боротьби із забрудненням Світового океану є використання методів дистанційного виявлення й оконтурення плям нафти й нафтопродуктів на поверхні акваторій. В даний час розроблені радіофізичні методи для рішення зазначеної задачі, засновані на принципі розходження контрастності оптичних, теплових і радіоактивних властивостей гідроповерхні "чистої" води і забрудненою нафтою і нафтопродуктами. Створені методи, крім високої оперативності, дозволяють виявляти й оконтурювати забруднення одразу після розливу нафти, коли ще при малих витратах реально здійснити повне очищення акваторії.

Під час розливу нафти, як встановлено вченими, на поверхні акваторії утворюється нафтовий шар товщиною в декілька сантиметрів (2-6 см), що через декілька годин розпливається на значну площу (літр нафти на 1 га), при цьому товщина плівки досягає 0,1-0,01 мм. Через кілька діб товщина плівки зменшується до молекулярного шару і при цьому частина нафти емульгує й знаходиться в товщі води у вигляді включень.

Нафтова плівка приводить до виникнення температурному контрасту між чистою водою й водою, забрудненою нафтопродуктами:

- 1) зменшенням швидкості випаровування з поверхні води через придушення нафтовою плівкою високочастотних водних хвиль;
- 2) зміна випромінювальної здатності забрудненої поверхні води через більш високий коефіцієнт відбиття нафтопродуктів;
- 3) більш низька теплопровідність нафти і нафтопродуктів (у 3-6 разів) і теплоємність (1,5-2,5 рази) у порівнянні з "чистою" водою.

Оптичні властивості чистої води також істотно відрізняються від властивостей води, забрудненої нафтопродуктами. Для чистої води в океані довжина хвилі максимально розсіяного світла в близькій УФ і видимій області спектра дорівнює 470 нм, коефіцієнт заломлення $n=1,3$, кут Брюстера 53° . У забрудненій нафтопродуктами воді за рахунок електронних переходів легкі фракції нафти, що є присутніми у нафтових плівках на поверхні води і поглинаючи випромінювання в області 300 нм, можуть давати люмінесценцію в діапазоні 360-460 нм; більш важкі фракції поглинають в області 370 нм і дають люмінесценцію в області 520 нм.

В ІЧ-області коефіцієнт заломлення нафти більший, ніж у води, що обумовлює більш високий коефіцієнт відбивання від нафтових плівок. Істотно відрізняються і поляризаційні характеристики.

Відповідно до існуючих методів дистанційного виявлення нафтових (і не тільки нафтових) забруднень їх підрозділяють на три типи: пасивні, напівактивні й активні.

Пасивні методи засновані на реєстрації теплового випромінювання (ІЧ і НВЧ) і природного гамма-випромінювання; напівактивні методи засновані на опроміненні природними (Сонце, Місяць) і штучними джерелами електромагнітного випромінювання в широкому спектральному діапазоні й в аналізі зіставлення зміни спектрального складу прийнятого сигналу забруднених і незабруднених ділянок поверхні акваторії; при використанні активних методів досліджувана водна поверхня опромінюється джерелами випромінювання заданого спектрального складу (лазером) із реєстрацією відбитого випромінювання, чи флуоресценції чи комбінаційного розсіювання.

При вимірі відбитого УФ випромінювання можна зафіксувати сиру нафту і важкі нафтопродукти, прозорі нафтопродукти фіксуються дещо складніше. Максимальний контраст нафта-вода спостерігається при товщині плівки до 1 мкм. Метод відбиття на мілководді істотно ускладнюється через погіршення співвідношення сигнал/шум у результаті росту фону від піску й черепашнику.

Методика виявлення нафтових плям на основі спектрів флуоресценції дозволяє при використанні декількох довжин хвиль збудження (гелій-кадмієвий, ексимерний, аргонний, лазери з довжиною хвилі, що перебудовується, рубіновий) розрізняти до декількох десятків сортів нафти. Однак, при цьому варто звернути увагу на усунення фонові люмінесценції від мікроорганізмів морського середовища.

Використання активної радіолокації для виявлення нафтових забруднень основане на ефекті зміни розсіяного сигналу нафтовою плівкою в порівнянні з чистою водою. Однак, істотне обмеження застосуванню цього методу створюють сильні вітри (швидкість не більш 5-8 м/с), при яких характер хвилювання не визначається наявністю на поверхні води нафтопродуктів.

Найбільш перспективною є методика основана на використанні відбитого лазерного випромінювання.

При врахуванні ослаблення лазерного випромінювання в атмосфері й морських хвиль має місце наступне співвідношення для розрахункової висоти над рівнем моря, на якій можливе дистанційне виявлення нафтових плівок методом відбиття:

$$P = P_0 \frac{S_0}{h^2} q \cos^3 \Theta, \quad (3)$$

де P – потужність сигналу, що приходить на прийомну антену;

P_0 – потужність випромінювання лазера;

S_0 – площа антени, $q=rT^2$ – геофізичний фактор (r – коефіцієнт яскравості моря, T – функція пропускання атмосфери);

h – висота точки вимірювання над рівнем моря;

Θ – кут візування.

Умова спостереження сигналу на висоті h визначається співвідношенням $h/P > Q$, де Q – гранична чутливість системи [4].

Висновки

Отже, нафта – ворог номер один у сучасному забрудненні морів і океанів. Актуальною дана проблема є і для нашої держави в контексті захисту Чорного і Азовського морів. Вчені всього світу нині спрямували свої зусилля на пошук шляхів зменшення техногенного впливу на гідросферу, в першу чергу – зведення до мінімуму об'ємів забруднення Світового океану нафтою та нафтопродуктами. Для цього розробляються різноманітні методи екологічного моніторингу, дистанційного зондування за забрудненням тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авакян А.Б., Широков В.М. Рациональное використання водних ресурсів: Підручник для геогр., біол. і строит. спец. вузів, изд-во «Віктор», 1994. – 320 с.
2. Гомеля Н.Д., Калабина Л.В., Хохотва А.П. Экстракционно-спектрофотометрический метод определения общего содержания масел и тяжелых нефтепродуктов // Химия и технология воды.— № 6.—1999. – С. 611-616.
3. Методика обчислення розміру збитків від забруднення нафтою, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 26 квітня 2003 р. № 631 .
4. <http://www.ecoline.kiev.ua/articles/lidar/lidmua.html>