

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО СУДНА В УМОВАХ РОЗЛИВУ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

Машков О.А.¹, Тсют В.М.¹, Тупкало В.М.²

¹ Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
mashkov_oleg_52@ukr.net;

² Київський інститут інтелектуальної власності та права
Національного університету «Одеська юридична академія»
Харківське шосе, 210, 02121, м. Київ
v.tupkalo@mail.ru

Розглянуто питання підвищення екологічної безпеки морських акваторій від забруднення нафтою та нафтопродуктами. На основі оцінки точності визначення позиціонування техногенних забруднювачів нафтопродуктами водних поверхнь нафтою запропоновано систему морського екологічного моніторингу з використання спеціальних суден. *Ключові слова:* екологічна безпека, судно екологічного моніторингу, техногенні забруднювачі, нафтопродукти.

Технология защиты морской среды с использованием специальных судов в условиях разлива нефти и нефтепродуктов. Машков О.А., Тупкало В.Н., Тсют В.Н. Рассмотрены вопросы повышения экологической безопасности морских акваторий от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. На основе оценки точности определения позиционирования техногенных забруднювачив нефтепродуктами водной поверхности нефтью предложена система морского экологического мониторинга по использованию специальных судов. *Ключевые слова:* экологическая безопасность, судно экологического мониторинга, техногенные загрязнители, нефтепродукты.

Protection of the marine environment with the use of special vessels in terms of spill of oil and oil products. Mashkov O., Tupkalo V., Taut V. Issues of raising the ecological safety of marine waters from oil and petroleum pollution are considered. On the basis of the estimation of the accuracy of the determination of the position of technogenic polluting oil products with the aqueous surfaces of oil, a system of marine ecological monitoring for the use of special vessels was proposed. *Keywords:* environmental safety, boat environmental monitoring, industrial pollutants, petroleum products.

За сучасного екологічного стану навколишнього середовища національна безпека держави дедалі більше стає залежною саме від раціонального використання природних ресурсів, пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій природного й техногенного

характеру та якісного управління прогнозування процесів, що впливають на екологічну ситуацію. Дослідження свідчать, що саме взаємодія природних і соціальних чинників визначає рівень негативного антропогенного впливу на довкілля України. Тому

забезпечення екологічної безпеки вимагає передусім розв'язання екологічних проблем, що гарантує громадянам проживання в гармонії з навколишнім середовищем.

Відповідно до Закону України «Про екологічну експертизу» до видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку (розробленню Міністерством екології та природних ресурсів і Міністерством охорони здоров'я) віднесено видобування нафти, нафтохімія й нафтопереробка.

У забрудненні річок, морів і океанів одне з провідних місць належить вуглеводням і, в першу чергу, нафті і нафтопродуктам. Саме нафта на сьогодні є основним забруднювачем води. Відповідно до Міжнародної конвенції із запобігання забруднення моря з суден (1973 р.), зміненої і доповненої протоколом від 1978 року (MARPOL 73/78), до найбільш шкідливих хімічних забруднювачів належать нафта та продукти її переробки (до 3000 інгредієнтів), більшість з яких отруйні для будь-яких живих організмів. Запобігання таких техногенних катастроф – є складовою і багатоплановою екологічною проблемою.

Існує чимало способів боротьби з нафтовими розливами та ліквідації їхніх наслідків. Плавуча нафтова плівка може охоплювати значний за розміром простір. Встановлено, що одна крапля нафти утворює на поверхні водойм пляму площею близько $0,25 \text{ м}^2$, а одна тонна нафти покриває площу до 500 га поверхні водойми. Зібрати або знищити нафту, розливу по поверхні води, пропонується з використанням суден екологічного моніторингу.

Відомо, що води Чорного та Азовського морів були найбільш забруднені нафтовими вуглеводнями (НВ), фенолами, хромом шестивалентним. Дещо менше у водах було сполук азоту, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), загального фосфору.

Середньорічні концентрації НВ коливаються у межах 4,8-6,4 ГДК у водах гирла р. Південний Буг, гирла р. Дніпро, Бузького і Дніпровського лиманів. Максимальний вміст НВ досягав рівня 10 ГДК у водах гирла р. Південний Буг, Бузького і Дніпровського лиманів, 4,4-6,0 ГДК – гирла р. Дніпро та порту Одеса, <1,0 ГДК – у водах Сухого лиману та вхідного каналу до нього.

Спостереження за станом забруднення вод Азовського моря проводили у Таганрозькій затоці на акваторії порту Маріуполь, його зовнішньому рейді та у Бердянській затоці. Максимальну концентрацію нафтових вуглеводнів на рівні 21,6 ГДК відмічено у вересні на акваторії порту Маріуполь.

Застосування морських суден з екологічного моніторингу показано на рис. 1.

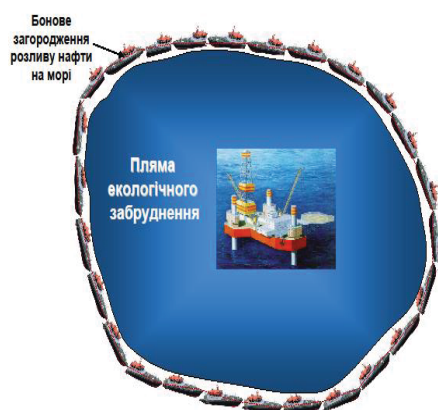


Рис. 1. Застосування суден екологічного моніторингу

**Екологічна небезпека,
пов'язана з нафтою
та нафтопродуктами**

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

До складу нафти входять різного класу вуглеводні: аліфатичні (метанові), циклічні насичені (нафтенові), циклічні ненасичені (ароматичні), особливо токсичні для гідроекосистем та їх мешканців.

Не дивлячись на ряд міжнародних угод, забруднення гідросфери нафтою прогресує. Розрахунки свідчать, що літр нафти, розлитої по поверхні моря, поглинає розчинений кисень із 400 тис. літрів морської води, а 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 природним екосистемам та деяким видом господарської діяльності: рибальство, туризм та ін.

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 як компоненти 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 компонентах 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 ланцюгах 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.

Плівка нафти перешкоджає процесу аерації – поглинання водою кисню з атмосфери. Так, при постійній витраті кисню у водоймі припинення аерації може стати згубним для її живого світу, адже нафта і нафтопродукти належать до речовин, які важко окислюються мікроорганізмами. Тому самоочищення водойм, забруднених нафтою, відбувається на відстанях іноді за 500-900 км від місця забруднення, де виявляються сліди вуглеводнів нафти.

Визначення ступеня екологічної небезпеки від забруднення морських акваторій нафтою та нафтопродуктами

Дослідженнями виявлено понад 400 груп речовин, які можуть викликати забруднення води. Це хімічні, біологічні і фізичні забруднювачі. Серед хімічних забруднювачів до

найбільш поширених належать нафта і нафтопродукти, СПАР (синтетичні поверхнево-активні речовини), пестициди, важкі метали тощо. Дуже небезпечними для води є біологічні забруднювачі (віруси та інші хвороботворні мікроорганізми) та фізичні (радіоактивні речовини, теплове забруднення та ін.).

Широке та різноманітне застосування у господарстві палива, індустріальних масел, мастил, емульсій, розчинників призводить до того, що стічні води майже всіх промислових і транспортних підприємств у різних кількостях містять нафтові забруднення. Особливо великі обсяги забруднених нафтопродуктами вод утворюються при експлуатації водооборотних систем охолодження нафтопереробних заводів. Небезпечними також є аварії танкерів у морських акваторіях.

Проблема забруднення гідросфери нафтою та нафтопродуктами, запобігання потраплянню нафтопродуктів у навколишнє середовище вивчали П.А. Коротков, А.И. Писанський, Н.М. Джура, Ю.М. Ситник, Гомеля Н.Д. та ін. вчені. Класифіковані основні причини забруднення морських акваторій наступні. По-перше, це танкерний флот, забезпечує транспортування половини видобутої на світовому шельфі нафти. У світі видобувають близько 2,2 млрд тонн нафти на рік, в морі – близько 440 млн тонн. Її транспортування на танкерах (щорічно по 1,5 млрд т), звичайно ж, не обходиться без аварій. Причина техногенних катастроф та аварій має антропогенний характер (господарська діяльність людей через прийняття непродуктивних рішень, халатність, а іноді й непрофесіоналізм і незнання природних закономірностей).

Техногенні екологічні катастрофи, викликані розливами нафти внаслідок аварій 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 і ця небезпека зростає із збільшенням тоннажу танкерів та їх кількістю. За підрахунками фахівців, загальна ймовірність аварії становить 0,4 на 1000 рейсів, ймовірність ризику розливу – 0,05 на 1000 рейсів у відкритому морі і 0,25 у небезпечних місцях. З урахуванням можливої частоти аварії з посадкою на мілину і зіткненням середній розмір нафтового розливу може бути оцінений як 1/48 від кількості перевезеної за рейс нафти.

По-друге, на забруднення морських акваторій впливає промислово-побутова діяльність людини. Великі маси нафти з суші надходять у моря по ріках, з побутовими й зливними стоками. Щорічний обсяг забруднення нафтою з цього джерела перевищує 2 млн т. Зі стоками промисловості і нафтопереробних заводів у море щорічно потрапляє до 0,5 млн т нафти.

По-третє, має місце природний розлив нафтопродуктів. Наприклад, 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.

При ліквідації наслідків забруднення морських акваторій слід враховувати ефект самоліквідації нафтозабруднення, що пояснюється кількома причинами.

– *Випаровування нафти*. Бензин повністю випаровується з поверхні

води за 6 годин, за добу – не менше 10 % сирової нафти, приблизно за 20 днів – 50 %, але більш важкі нафтопродукти майже не випаровуються.

2. *Емульгація нафти.* 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.

Еколого-економічна оцінка забруднення морських акваторій 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 шкода, заподіяна попереджувальними заходами;
- неодержані внаслідок порушення господарської діяльності доходи.

Розрахувати маси нафти та нафтопродуктів, скинутих у водний об'єкт внаслідок витоку або виливу, можна різними способами.

1. Розрахунок маси нафти та нафтопродуктів (далі – нафта) за

фактичними даними обсягу розливної 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:

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

де M_n – 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 показниками вимірювальних приладів про кількість перекачаної нафти і фактичну наявність нафти у відповідних ємностях або розраховується з огляду на продуктивність перекачувального механізму і часу виливу.

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 (МН), розраховується за формулою:

$$M_n = M_{\text{п}} + M_{\text{р}}, \quad (2)$$

де $M_{\text{п}}$ – маса нафтової плівки; $M_{\text{р}}$ – маса розчиненої та емульгованої нафти. Маса нафтової плівки ($M_{\text{п}}$) визначається за формулою:

$$M_{\pi} = M_{\pi m} S \quad (3)$$

де $M_{\pi m}$ – питома маса нафти на 1 м² поверхні води; S – площа поверхні води, забрудненої нафтою, м².

Обчислення розміру збитків, завданих внаслідок забруднення навколишнього природного середовища, що сталося у разі витоку або зливу нафти із суден, проводиться 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 плаваючих засобів територіальних і внутрішніх морських вод України».

Оцінка точності визначення позиціонування техногенних забруднювачів нафтопродуктами морських акваторій

Катастрофічне забруднення Чорного і Азовського морів є загальновизнаним фактом. Для адекватної оцінки сучасного екологічного стану морських акваторій необхідно проводити екологічний моніторинг. Екологічний стан Чорного і Азовського морів погіршується переважно за рахунок інтенсифікації господарської діяльності, підвищення рівня концентрації промисловості і сільського господарства у береговій зоні моря. Тому дані моніторингу якості є основою для розробки законодавчої бази і забезпечення контролю за забрудненням і морським природокористуванням.

Під морським екологічним моніторингом (МЕМ) розуміють екологічний моніторинг морського природного об'єкта – Чорного і Азовського

морів. Завданнями МЕМ є оцінка, діагноз і прогноз стану морського середовища. Ці завдання вирішуються за результатами спостережень за станом довкілля, і джерелами і чинниками впливу. Об'єктами морського екологічного моніторингу є:

- морське середовище в межах виключно морської економічної зони України в Чорному і Азовському морях – це центральний об'єкт спостережень МЕМ;

- джерела забруднення : берегові, морські, річковий стік, атмосферний стік;

- чинники впливу (гідрометорологічні, кліматичні, сезонні та різні види забруднення морського середовища);

- вплив основних забруднюючих речовин на фізико-хімічні параметри морського середовища, продуктивність, обмінні процеси (океан-атмосфера, океан-живе речовина, океан-морське дно тощо).

Найбільш схильним до виникнення екологічних та техногенних катастроф є Азово-Чорноморський басейн, якому належить 1/3 континентальної Європи. Ця екосистема унікальна за різноманіттю біоресурсів і одночасно найбільш екологічно неблагополучна з екосистем через скидання промислових вод і нафторозливів внаслідок високого обсягу перевезень нафтових вантажів.

Основним завданням моніторингу є максимально точне визначення позиціонування об'єктів. У нашому випадку – джерел техногенного забруднення морської акваторії (суди, платформи), по яких необхідно здійснити географічну прив'язку басейну та визначити технологію ліквідації наслідків техногенного забруднення.

Для оцінки точного визначення позиціонування об'єктів доцільно застосовувати космічні знімки і перетворення піксельної системи координат зображення в географічну або картографічну проекцію.

Географічну прив'язку можна проводити у три етапи:

- за орбітальними даними;
- за картографічними даними (берегова смуга);
- по опорних точках.

Первинне оброблення зображення географічної прив'язки виконують за орбітальними даними з точністю від 1 до 15 км.

Для оцінки точності прив'язки доцільно використовувати наявні в акваторії стаціонарні водні об'єкти, які в подальшому можна розглядати як базу даних опорних крапок. Похибка їх визначення може бути від 300 м до 2 км.

Розміщення та щільність контрольних точок відіграють важливу роль у точності географічної прив'язки. Як контрольні точки можна використовувати об'єкти з відомими координатами з точністю від 0,1 до 0,5 розміру пікселя зображення. Для оцінки точності визначення позиціонування об'єктів на космічному знімку застосовують геоінформаційну систему ArcGIS.

Дослідження свідчать про доцільність використання бази даних опорних крапок для уточнення географічної прив'язки радіолокаційних даних. Уточнення прив'язки з використанням радіолокаційних даних може покращити точність розрізнення знімку.

Запобігання та боротьба з забрудненням водних поверхнь нафтою

Перспективним напрямом боротьби із забрудненням водної

поверхні є використання методів дистанційного виявлення й оконтурення плям нафти й нафтопродуктів (рис. 2). Розроблені радіофізичні методи для рішення цієї задачі засновані на принципі розходження контрастності оптичних, теплових і радіоактивних властивостей гідроповерхні «чистої» води і забрудненої нафтою і нафтопродуктами. Створені методи дають змогу виявляти й оконтурювати забруднення одразу після розливу нафти, коли ще при малих витратах реально здійснити повне очищення акваторії.

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

Нафтова плівка призводить до виникнення температурного контраста між чистою водою й водою, забрудненою нафтопродуктами:

- зменшенням швидкості випаровування з поверхні води через придушення нафтовою плівкою високочастотних водних хвиль;
- зміною випромінювальної здатності забрудненої поверхні води через більш високий коефіцієнт відбиття нафтопродуктів;
- більш низькою теплопроводністю нафти і нафтопродуктів (у 3-6 разів) і теплоємністю (1,5-2,5 рази) порівняно з «чистою» водою.

Оптичні властивості чистої води також істотно відрізняються від



Рис. 2. Метод виявлення й оконтурення плям нафти й нафтопродуктів з використанням спеціалізованого судна з системою лазерних датчиків

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 530. У забрудненій нафтопродуктами воді за рахунок електронних переходів легкі фракції нафти, які присутні у нафтових плівках на поверхні води і поглинають 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 зумовлює 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 поділяють на 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, 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 внаслідок росту фону від піска й черепашника.

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

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

Найбільш перспективною є методика, яка базується на використанні відбитого лазерного випромінювання.

При врахуванні ослаблення лазерного випромінювання в атмосфері й морських хвиль має місце таке співвідношення для розрахункової висоти над рівнем моря, на якій можливе дис-

танційне виявлення нафтових плівок методом відбиття:

$$P = P_0 \frac{S_0}{h^2} q \cos^3 \Theta \quad (4)$$

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.

Система морського екологічного моніторингу з використання спеціальних суден

Пропонуються створити систему морського екологічного моніторингу (СМЕМ) з використанням спеціальних суден. Головне призначення такої системи, – проведення спостережень і лабораторного контролю за станом забруднення водної поверхні, відбору проб і виконання лабораторних досліджень зараженості об'єктів радіоактивними і хімічними речовинами та бактеріальними засобами (рис. 3).

На систему морського екологічного моніторингу з використанням спеціальних суден покладаються такі завдання:

1. при нормальній діяльності в повсякденних умовах:

- систематичне спостереження і лабораторний контроль забруднення об'єктів навколишнього природного середовища;

- виявлення забруднення (зараження) об'єктів навколишнього середовища;

– виявлення і контроль джерел небезпечного підвищення зараження (забруднення);

– виявлення ознак виникнення загрози стихійного лиха.

2. при виникненні надзвичайних ситуацій:

– виявлення радіоактивного, хімічного і бактеріологічного (бактеріального) зараження в районах моніторингу;

– оцінка небезпеки для населення і об'єктів навколишнього середовища (з метою використання режимів захисту населення і тварин).



Рис. 3. Система морського екологічного моніторингу (авторська модель)

Функціонально СМЕС передбачає виконання спостереження, збирання, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації про стан морського середовища, прогнозування стану та розробку науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативних змін морської акваторії.

Серед існуючих сучасних методів моніторингу стану морської акваторії найбільш перспективними є методи дистанційного зондування та геоінформаційні системи (ГІС).

Застосування цих технологій дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реального часу. Завдяки цьому можна моделювати складні природні та техногенні процеси: активні геологічні процеси, складна тектоніка, підвищена сейсмічна небезпека, значні підтоплення, різке погіршення стану катакомб тощо.

Слід брати до уваги, що в районі морських акваторій розміщені великі підприємства, промислово-транспортні вузли, термінали, небезпечні склади та інші об'єкти, які

не тільки спричиняють інтенсивне навантаження на природне середовище, але й здатні викликати значні екологічні негаразди. Зростання інтенсивності судноплавства збільшує напруженість ситуації. Тому в районі морських акваторій особливо необхідна оцінка промислово-небезпечних об'єктів і небезпечних зон, наприклад, районів які прилеглі до нафтогавані.

Використання ГІС викликано необхідністю інтегрувати дані і технології в єдину державну систему. Для державних органів управління важливо постійно мати нову інформацію про стан навколишнього середовища для забезпечення екологічної безпеки. Отже, СМЕМ повинна відповідати вимогам оперативності інформації.

Оперативний моніторинг морських акваторій здійснюється шляхом систематичних і додаткових спостережень за кількісними та якісними параметрами навколишнього середовища. Він встановлюється під час виникнення несанкціонованих чи аварійних забруднень та стихійного лиха в зонах підвищеного ризику, в зонах впливу аварій і надзвичайних ситуацій, на окремих об'єктах, джерелами забруднення, в районах, які визначено як зони надзвичайної екологічної ситуації та районах можливих аварій зі шкідливими екологічними наслідками. Метою оперативного моніторингу морських акваторій є оповіщення, забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо ліквідації їх наслідків та захисту населення, екосистем, власності.

До суб'єктів оперативного моніторингу морських акваторій слід відне-

сти систему (флотилія) спеціальних суден.

Об'єктами оперативного моніторингу морських акваторій є складові навколишнього середовища: метеорологічні умови, атмосферне повітря, водні, земельні (берегові), біологічні ресурси, рекреаційні морські зони, території з особливим статусом, наземні та водні екосистеми, антропогенні фактори, техногенно небезпечні об'єкти, у тому числі потенційно небезпечні морські промислові підприємства і об'єкти на територіях розвитку небезпечних геологічних процесів.

У разі виникнення надзвичайної ситуації (виявлення екстремально високого рівня забруднення навколишнього середовища, спричиненого аварією, катастрофою, стихійним лихом, що створило загрозу здоров'ю населення, призвело або може призвести до матеріальних втрат) інформація від СМЕС оперативно передається відповідним органам у системі виконавчої гілки влади з пропозиціями про вжиття необхідних заходів для ліквідації наслідків аварії, катастрофи.

Наземна інфраструктура СМЕМ може здійснювати класифікацію надзвичайних ситуацій (розробка конкретних класифікаційних ознак; оцінка економічних збитків; аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій; розробка заходів та мобілізаційних програм з ліквідації надзвичайних ситуацій).

Відповідно до рівня надзвичайної ситуації (загальнодержавний, регіональний, місцевий, об'єктовий) необхідно приймати рішення щодо відповідних керівних і організаційних структур для усунення наслідків надзвичайної ситуації.

В останнє десятиліття технології відображення і аналізу можливих наслідків небезпечних явищ і ситуацій зазнали істотних змін. У першу чергу вони торкнулися важливих показників систем – оперативність (режим реального часу); висока інформативність і наочність (відображення об'єктів на картах і космічних знімках високої детальності в 2D і 3D режимах); доступність віддаленому користувачеві.

При цьому слід враховувати, що СМЕМ призначена, насамперед, для міжвідомчої інформаційної взаємодії і забезпечення аналітичної підтримки процесів підготовки, прийняття та контролю управлінських рішень на основі використання сучасних методів просторового аналізу і моделювання процесів розвитку і прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій.

Основними технічними блоками системи є:

- підсистема збору даних;
- аналітична підсистема;
- підсистема підтримки управлінських рішень.

Підсистема збору даних.

Завдання підсистеми – оперативне одержання і систематизація даних з метою їх необхідної організації для подальшого аналізу.

У першу чергу за допомогою геоінформаційних технологій виконуються операції по організації базових електронних карт місцевості і цифрових моделей рельєфу. Потім створюються тематичні карти, що характеризують стан навколишнього середовища; карти розміщення мереж спостереження за природними і техногенними явищами; схеми розподілу сил і засобів реагування на надзвичайні ситуації; прив'язка потенційно небезпечних

об'єктів тощо. Найважливішим чинником, що визначає загальний технологічний рівень системи, є рівень технологічного забезпечення основних постачальників інформації.

Аналітична підсистема. Основним завданням аналітичної підсистеми є одержання якісно нової прогнозованої та аналітичної інформації в процесі обробки вихідних даних в оптимальній формі для підготовки конкретного управлінського рішення на основі відповідних вимог чинного законодавства, методик і алгоритмів. Аналітична підсистема включає такі складові:

- прогнозно-моделюючі комплекси (ПМК), встановлені на локальних робочих місцях аналітиків як в Центральній, так і в ряді берегових підсистем (засоби прогнозування та просторового аналізу можливих наслідків надзвичайних ситуацій);
- комплекс оцінки ризиків життєдіяльності і господарювання та блок статистичної оцінки розподілу надзвичайних ситуацій;
- інструменти просторового аналізу морських підсистем, що дозволяють визначати місце розташування ситуації та прокладати оптимальний маршрут до неї від місця локалізації сил і засобів реагування.

Блок підтримки управлінських рішень.

Механізми та методи автоматизованої підтримки управлінських рішень є на сьогодні найбільш важливою ланкою у системах цього типу, коли важливу роль відіграє вибір оптимального рішення з кількох конкуруючих варіантів, підготовлених і візуалізованих у блоці обробки даних. Відповідно на цьому етапі підвищуються роль геоінформаційної складової взагалі вимоги до наочності,

доступності та ступеня автоматизації інтерфейсу робочого місця такого рівня зокрема. Оскільки управлінець, який приймає рішення на даному рівні, не має можливості освоювати всі технології, за допомогою яких готується результативна інформація, його основний інструмент – документ, отже, система повинна забезпечувати високу наочність і рівень автоматизації одержання документа. При цьому особа, що приймає рішення, тепер має можливість ефективніше аналізувати надзвичайну ситуацію, розраховувати маршрути доступу морських суден до місця нафтозабруднення, використовувати статистику розподілу надзвичайної ситуації по території на електронній карті.

Отже, наземна (берегова) частина СМЕМ вирішує такі завдання:

- оперативне інформаційно-аналітичне забезпечення при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій та відображення інформації на засобах колективного користування;
- постійний прийом інформації про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації, виконання необхідних розрахунків, своєчасне доведення до управлінських структур пропозицій щодо організації заходів запобігання або ліквідації їх наслідків;
- підтримка стійкого, безперервного та оперативного управління спеціальними морськими суднами, збір та обробка оперативної інформації про виконання аварійно-рятувальних робіт під час ліквідації надзвичайної ситуації.

Висновки

На сьогодні склалася помітна тенденція щодо перенесення пріоритетів природно-техногенної безпеки з реагування на надзвичайні ситуації і ліквідації їх негативних наслідків на сучасні методи моніторингу, прогнозування і попередження виникнення небезпечних явищ і процесів. Важливу роль при цьому відіграє методологічний інструментарій спостереження, еколого-математичне моделювання, просторовий аналіз.

Проведеними дослідженнями встановлено, що для підвищення екологічної безпеки морського середовища у разі розливу нафти та нафтопродуктів доцільно застосовувати спеціалізовані судна екологічного моніторингу. Розглянуто питання екологічної безпеки, яка пов'язана з нафтою та нафтопродуктами.

Запропоновані підходи щодо визначення ступеня екологічної безпеки від забруднення морських акваторій нафтою та нафтопродуктами. Розглянуті питання еколого-економічної оцінки забруднення морських акваторій нафтою. Для усунення наслідків забруднення морських акваторій нафтопродуктами необхідно оцінити точність визначення позиціювання техногенних забруднювачів нафтопродуктами морських акваторій та ліквідувати забруднювачів за допомогою суден екологічного моніторингу з використанням сучасної технології захисту навколишнього середовища.

Література

1. Білявський Г. О. Основи екології / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
2. Бондар О.І. Моніторинг навколишнього середовища / [О. І. Бондар, І. В. Корінько, В. М. Ткач, О. І. Федоренко]. – К.-Х.: ДЕІ-ГТІ, 2005. – 126 с.

3. Костюченко Ю.В., Копачевський І.М., Соловійов Д.М., Ющенко М.В., Акименко П.О. Використання даних супутникових спостережень для оцінки регіональних гідролого-гідрогеологічних ризиків // *Космічна наука і технологія*. – 2011. Т.17. № 6. – С. 19–29.
4. Кохан С.С. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи / С.С. Кохан, А.Б. Востоков. – К.: Вища школа, 2009. – 511 с.
5. Машков О.А. Метод комплексной оценки экологической безопасности техногенных объектов / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамими, Д.Д.Х. Лами // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (*Екологія/ Ecology-2015*) (23–26 вересня 2015 р.). – Вінниця: ВНТУ, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – С. 58.
6. Машков О.А., Васильев В.Э., Фролов В.Ф. Методы и технические средства экологического мониторинга / *Научно-практический журнал «Екологічні науки»*, № 1/2014 (5), К., ДЕА, 2014. – С. 57–67.
7. Шапарь А. Г. Аналитическая составляющая (база знаний) системы экологического мониторинга / А. Г. Шапарь, Н. А. Емец, А. Н. Бугор // *Екологія і природокористування : зб. наук. праць ІППЕ НАН України*. – 2013. – Вип. 17. – С. 181–187.
8. Использование космической радиолокации широкого обзора для картографирования нефтяных загрязнений моря / А.Ю. Иванов, И.С. Ермошкин, М. Фанг и др. // *Исследование Земли из космоса*. 2005. No 4. -С. 78–95.
9. Методика обчислення розміру збитків від забруднення нафтою, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 26 квітня 2003 р. № 631.
10. Нефтяные загрязнения восточной части Черного моря: космический мониторинг и подспутниковая верификация / К.Ц. Литовченко, О.Ю. Лаврова, М.И. Митягина и др. // *Исследование Земли из космоса*. 2007. No1. – С. 81–94.
11. Fingas M.F. Review of oil spill remote sensing / M.F. Fingas, C.E. Brown // *Proc. of the 5th Internat. Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments*. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 2000. – P. 211–218.
12. http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/2vze/zb_m/0029_zb_m_2VZE.pdf
13. <http://kursak.net/lekciya-2-monitoring-chs/http://www.ecoline.kiev.ua/articles/lidar/lidmua.html>