

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВІВ НАФТИ НА ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ СУХОДОЛУ

С.К. Назаренко, Л.М. Архипова

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 507796

e-mail: ser-naz@yandex.ru

*Проведено огляд сучасних методів ліквідації розливів нафти і нафтопродуктів на поверхні водних об'єктів суходолу. Багатофакторність системи "нафта – навколишнє середовище" ускладнює прийняття оптимального рішення щодо ліквідації аварійного розливу. Аналіз способів боротьби з наслідками розливів та їх результативність стосовно до конкретних умов дозволить в подальшому удосконалити існуючі способи та створити ефективну систему заходів, спроможну в найкоротші терміни ліквідувати наслідки аварійних розливів нафти і нафтопродуктів і звести до мінімуму економічні збитки. В роботі розглянуто способи ліквідації аварійних розливів нафти: дана характеристика найпоширеніших: механічного, фізико-хімічного, біологічного методів, визначено переваги та недоліки кожного з них. Проаналізовано технології, пристрої та засоби, що використовуються. Зроблений висновок, що для водотоків параметр часу стає пріоритетним: перші заходи з ліквідації аварійних розливів нафти та нафтопродуктів, незалежно від характеру аварійного розливу, повинні бути спрямовані на локалізацію плям, щоб уникнути поширення забруднення і зменшення площі забруднення.*

Ключові слова: методи ліквідації, розливи нафти, водні об'єкти.

*Проведен обзор современных методов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на поверхности водных объектов суши. Многофакторность системы "нефть – окружающая среда" усложняет принятие оптимального решения по ликвидации аварийного разлива. Анализ способов борьбы с последствиями разливов и их результативность применительно к конкретным условиям позволит в дальнейшем усовершенствовать существующие способы и создать эффективную систему мер, способную в кратчайшие сроки ликвидировать последствия аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и свести к минимуму экономические убытки. В работе рассмотрены способы ликвидации аварийных разливов нефти: дана характеристика наиболее распространенных: механического, физико-химического, биологического методов, определены преимущества и недостатки каждого из них. Проанализированы технологии, устройства и средства, используемые. Сделан вывод, что для водотоков параметр времени становится приоритетным: первые мероприятия по ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, независимо от характера аварийного разлива, должны быть направлены на локализацию пятен, во избежание распространения загрязнения и уменьшения площади загрязнения.*

Ключевые слова: методы ликвидации, разливы нефти, водные объекты.

*In the article the modern liquidation methods of oil spill and oil products on the water bodies' surface were reviewed. Multifactorial system "oil – environment" makes it difficult to select the optimal spill liquidation methods. Analysis of ways of dealing with the consequences of spills and their effectiveness for specific conditions will continue to improve existing methods and to establish an effective system of measures to eliminate the consequences of emergency spills of oil and oil products and to minimize economic losses. In the article the liquidation methods of oil spills were analyzed: the characteristics of the most common mechanical, physicochemical, biological methods, their advantages and disadvantages were considered. The applied technologies, devices and tools were analyzed. It was concluded that time is a priority parameter: the first measures for liquidation of emergency spills of oil and oil products, irrespective of the emergency character, shall be directed at the localization of patches to prevent spread of contamination and reduce pollution.*

Key words: liquidation methods, oil spills, water bodies.

**Постановка проблеми.** Щороку у світі зростає видобуток нафти, а також збільшується кількість надзвичайних ситуацій через розливи нафти і нафтопродуктів, що пов'язані із зношуванням трубопровідного транспорту нафтової галузі і це негативно впливає на навколишнє середовище. Нафтове забруднення порушує природні процеси і взаємозв'язки, істотно змінює умови проживання всіх видів живих організмів і накопичується в біомасі.

Масштабні розливи нафти неможливо передбачити заздалегідь, однак, у разі виникнення розливів, боротьба з ними повинна проводитися усіма можливими і доцільними методами локалізації і ліквідації. Необхідно відзначити, що кожна надзвичайна ситуація, обумовлена

аварійним розливом нафти і нафтопродуктів, відрізняється певною специфікою.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Нафта та нафтопродукти (ННП) є одними з найпоширеніших речовин, що забруднюють воду. Аварійні розливи нафти і нафтопродуктів, що мають місце на об'єктах нафтовидобувної та нафтопереробної промисловості, транспортування цих продуктів завдають відчутної шкоди екосистемам. За експертними оцінками на нафтопромислах втрачається від 3 до 7% від усього обсягу видобутої нафти, причому більша частина виділених забруднюючих речовин – до 75% надходить в атмосферу, 20% у водні джерела і 5% в ґрунт. Причому, кількість аварійних розливів

нафти і витоків нафтопродуктів щорічно збільшується не пропорційно зростанню видобутку, а значно швидше [1].

Дана робота є аналізом праць провідних вчених, таких як: В.А. Акимов, Т. Вайссер, Л.С. Венцюлис, А.И. Вилкован, Ю.Л. Воробьев, В.К. Гвоздигов, Н.Б. Градова, В.М. Зайцев, В.М. Захаров, К.В. Квитко, А.Е. Кузнецов, С.В. Лушников, А.В. Сидоров, Ю.И. Соколов, В.Д. Филатов, М.В. Чеботаева, М. Энгельхарт М.И. Янкевич.

**Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Успішної ліквідації розливів нафти перешкоджає недостатня розробка ефективних методів та розрахунку необхідних сил і засобів з урахуванням геокліматичних умов. Крім того, для водотоків параметр часу стає пріоритетним. Вирішення зазначених проблем можливе на основі застосування удосконалених сучасних методів ліквідації аварійних розливів нафти (АРН). Аналіз методів, технологій, пристроїв та засобів дозволить забезпечити прийняття рішення з урахуванням параметру часу, характеристик місцевості, погодних умов і масштабів забруднення по локалізації та ліквідації аварії внаслідок (АРН).

**Метою** даної статті є дослідження стану, проблем та перспектив використання існуючих методів ліквідації аварійних розливів нафти на водних об'єктах.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.**

#### *Методи ліквідації*

При виборі методу ліквідації розливу ННП потрібно виходити з наступних принципів:

- всі роботи повинні бути проведені у найкоротші строки;
- проведення операції з ліквідації розливу ННП не повинно завдати більшої екологічної шкоди, ніж сам аварійний розлив.

Існує кілька методів ліквідації розливу ННП: механічний, фізико-хімічний та біологічний. Розглянемо детальніше методи ліквідації розливу ННП і їх недоліки.

Одним з головних методів ліквідації розливу ННП є механічний збір нафти. Найбільша ефективність досягається в перші години після розливу. Це пов'язано з тим, що товщина шару нафти залишається ще досить великою. (При малій товщині нафтового шару, великій площі його поширення та постійному русі поверхневого шару під впливом вітру і течії, процес відділення нафти від води досить ускладнений).

#### *Механічний метод*

Для збору нафти на воді механічними способами можуть бути застосовані два основних типи нафтозбірних робіт:

- стаціонарний збір нафти, при якому застосовують бонові огороження для локалізації і ліквідації нафтових плям, починаючи з джерела розливу або на відстані від нього, або у відкритій водоймі чи поблизу берега;

- пересувний спосіб збору нафти, при якому застосовуються забортові скімери [2].

#### **Бонові огороження**

Бонові огороження (рис. 1) призначені для:

- обмеження поширення забруднення на водній поверхні;
- локалізації, переміщення та збору нафти у разі виникнення розливу;
- огороження забрудненої нафтою території під час проведення очисних робіт.

Плаваючі бонові огороження виготовлені із спеціального матеріалу, що володіє високою міцністю, стійкістю до дії кислот, лугів, нафти і нафтопродуктів. Вони мають високу міцність і забезпечують швидкість їх буксирування до трьох вузлів, а конструкція з'єднань забезпечує оперативне розгортання бонових огорожень і максимальний опір вітровим і хвильовим навантаженням [3].

Плаваючі бонові огороження за цільовим призначенням поділяються на три класи:

1-й клас – бони для використання на мілководді, зокрема на річках. Бон – це полотнище з синтетичної тканини, у верхній частині якого знаходяться циліндричні поплавці з спіненого пінопласту, а в нижній – баластний ланцюг, що також сприймає навантаження при натягу огорожі;

2-й клас – бони для прибережної зони морів і озер, перекриття входів у гавані, портів, акваторій судноремонтних заводів. Це – стаціонарна плаваюча огорожа, яка являє собою порожнистий металевий бар'єр каплеподібного перерізу. Бар'єр має всередині горизонтальну повздовжню перетинку, яка ділить його внутрішню порожнину на дві частини: верхню – непроникну, надає огорожі плавучості, нижню – проникну, яка заповнюється водяним баластом і утримує огорожу в вертикальному положенні;

3-й клас – бони для використання у відкритому морі.

Бонові огороження найбільш ефективно затримують нафтопродукти, якщо вони встановлені перпендикулярно до напрямку течії і ефективно працюють, коли швидкість течії не перевищує 0,2-0,6 м/с. При швидкості течії вище зазначеної, нафтопродукти можуть потрапляти під бони. У нижній частині бона на межі розділу «нафта – вода» підвищується турбулентність потоку, що призводить до дроблення (емульгування) шару нафтопродуктів, часткового їх відриву і перенесення через огороження. Необхідно пам'ятати, що з досягненням критичної швидкості течії води (або руху бона при траєкторії) утримування нафтопродуктів не залежить від висоти підводної частини, тобто при значних швидкостях течії води нафтопродукти будуть провиватися навіть при більшій глибині занурення бонового захисту [1, 3].

Ефективна система механічного вилучення розливої нафти вимагає наявності належного обладнання і спеціально навченого персоналу, а також умов, сприятливих для утримування,



Рисунок 1 – Бонові огороження

збору, відкачування, перекачування і зберігання нафти та нафтовмісних відходів. Зрештою вся зібрана розлита нафта повинна бути належним чином утилізована згідно із застосовними вимогами і нормативами.

#### Скімери

Нафтозбірні пристрої, або скімери, призначені для збору нафти безпосередньо з поверхні води. Залежно від типу і кількості нафтопродуктів, що розлилися, погодних умов, застосовуються різні типи скімерів, як за конструктивним виконанням, так і за принципом дії.

За способом пересування або кріплення нафтозбірні пристрої поділяються на:

- самохідні;
- ті, що встановлюються стаціонарно;
- буксировані і переносні на різних плавучих засобах.

За принципом дії:

- порогові;
- олеофільні;

- вакуумні;
- гідродинамічні [ 2,3].

Скімер пороговий (СП) (рис. 2) призначений для збору з поверхні води світлих нафтопродуктів, різних мастил і сирової нафти. Скімер виготовлений з алюмінієвого сплаву АМг5 на базі пневмоприводного насоса [4].

Скімер пороговий виготовляється в двох варіантах:

- з жорстким корпусом;
- зі знімними надувними плавучостями (з нафтостійкого полівінілхлориду).

Для приведення скімера в дію необхідно повітря, стиснене під тиском 6-8 бар. (Зі зниженням тиску повітря, але не нижче ніж до 3,5 бар скімер зберігає працездатність, але знижується продуктивність). Для використання порогового скімера СП-6 автономно (не з судна, забезпеченого стисненим повітрям) можлива комплектація силовим блоком (електро- або дизелькомпресором).



Рисунок 2 – Скімер пороговий ( СП -6)



Рисунок 3 – Олеофільний скімер

Олеофільні скімери (рис. 3) застосовуються для збору нафтопродуктів з поверхні води (річка, озеро, нафтовідстійки, тощо). Оснащуються щітковими, дисковими або барабаними швидкознімними валами або їх комбінаціями: щітковий плюс дисковий вал, дисковий плюс барабаний і т. д. Щітки використовуються для збору в'язких нафтопродуктів, диски та барабани – менш в'язких. Коефіцієнт збору нафти з водних поверхонь – 95% , кількість захоплюючої води – 5%. Вали і пристрій, що відкачує нафту, приводяться в дію потоком гідравлічної рідини, яка захоплюється валами, створюваних силовою установкою. Гідравлічна силова установка може бути з електричним, бензиновим або дизельним приводом [5].

Вакуумні нафтозбірники (рис. 4) також досить ефективні. Такі пристрої працюють на основі вакуумних насосів, які ефективно і досить швидко всмоктують плівки нафти і нафтопро-

дуктів з водної поверхні. Ці скімери також очищають воду від нафти і нафтопродуктів, після цього її знову зливають у річку. Дані пристрої відрізняються від інших легкістю конструкції і невеликими габаритами. Це дозволяє легко і швидко їх транспортувати [6].

Гідродинамічні скімери (рис. 5) засновані на використанні відцентрових сил для поділу рідини різної густини води і нафти. До цієї групи скімерів також умовно можна віднести пристрій, що використовує в якості приводу окремих вузлів робочу воду, що подається під тиском гідротурбіни, обертає нафтовідкачуючі насоси і насоси пониження рівня за порогом, або гідроінжектором, що здійснюють вакуумування окремих порожнин. Як правило, в цих нафтозбірних пристроях також використовуються вузли порогового типу [7].

У реальних умовах в міру зменшення товщини плівки, пов'язаної з природною трансфо-





Рисунок 4 – Вакуумний скімер



Рисунок 5 – Гідродинамічний скімер Магнум -100

рмачією під дією зовнішніх умов, і у міру збору ННП, різко знижується продуктивність ліквідації розливу нафти. Також на продуктивність впливають несприятливі зовнішні умови. Тому для реальних умов ведення ліквідації аварійного розливу продуктивність, наприклад, порогового скімера, потрібно приймати рівною 10-15% продуктивності насоса.

Збір нафти з поверхні води за допомогою скімера для збору нафтопродуктів, на сьогоднішній день знаходить широке застосування, все це тому, що даний пристрій дуже простий в експлуатації, а також є екологічно безпечним.

Успішний збір нафти скімерами обмежується такими чинниками як: несприятливі погодні умови, в'язкість нафти, вплив течії та хвиль. Поширення та фрагментація нафтової плями обмежують кількість нафти, яку можна зібрати за певний період часу, що отримав назву «швидкість забору». Здатність системи вибірково збирати нафту може мати велике значення у випадку обмеженої вмісткості баку для накопичення нафти. Додатковим обмежуючим фактором є потужність насоса, що впливає на відстань, на яку нафта може бути переміщена в накопичуючий бак. Пропускна здатність, коефіцієнт забору нафти і продуктивність збору нафти – це виявлені при випробуваннях робочі

характеристики, від яких залежить потенційна ефективність системи збору. Кожна з цих характеристик істотно залежить від показника швидкості забору [8].

#### **Фізико-хімічний метод**

В основі фізико-хімічного методу ліквідації розливу ННП лежить використання диспергентів і сорбентів.

#### **Диспергенти**

Диспергенти являють собою спеціальні хімічні речовини, що застосовуються для активізації природного розсіювання нафти з метою полегшення її видалення з поверхні води раніше, ніж розлив досягне більш екологічно уразливого району.

Диспергенти застосовуються в складних умовах, коли механічний збір ННП утруднений або неможливий, тобто при глибині понад 10 метрів, температурі води нижче 5 °С і температурі зовнішнього повітря нижче 10°С. Диспергенти дають змогу оперативно ліквідувати розливи. Також їх використання можливе спільно з різними технічними засобами. До недоліків диспергентів відносяться токсичність і обмеженість застосування за температурою [9].

Деякі чинники, що свідчать на користь застосування диспергентів:

- застосування диспергентів зменшує вплив розливів нафти на берегові лінії, місця проживання птахів та представників тваринного світу і т. д. за рахунок запобігання контакту з нафтою;

- можливість застосування в умовах течій, причому дані умови посилюють ефективність застосування диспергентів, в той час як інші альтернативні варіанти (механічне видалення), стають неефективними;

- застосування диспергентів дозволяє швидко обробити великі площі, що є основною перевагою цього методу, оскільки навіть невелика кількість розливої нафти може охопити велику акваторію;

- дозволяє проводити швидкі, економічні заходи з ліквідації наслідків розливу нафти у віддалених районах;

- прискорює природний процес біодеградації, багаторазово збільшуючи поверхню контакту бактерій з нафтою;

- знижує прилипання нафти;

- доповнює інші технології, що використовуються при ліквідації розливу нафти, і в певних умовах є більш ефективним порівняно з іншими [10].

За складом і характерним особливостям диспергенти поділяються на три типи:

До першого типу відносяться диспергенти, засновані на водних розчинах, застосованих у складі синтетичних миючих засобів. Диспергенти цього типу добре розчиняються у воді і можуть використовуватися в концентрованому вигляді і в розчинах. Застосовувати їх можна тільки за допомогою спеціальних установок, розміщених на плавзасобах. Іншим недоліком диспергентів цього типу є те, що вони мало-ефективні при обробці в'язких і тих нафтопродуктів, що швидко випаровуються.

До другого типу диспергентів відносять речовини, добре розчинні в нафтопродуктах. Ці препарати володіють високою активністю. Ефективність дії препарату збільшується за рахунок того, що розчинник розбавляє нафту і знижує її в'язкість, тим самим сприяючи проникненню поверхнево-активних речовин до складу в'язкої маси. Диспергент наносять на поверхню нафтової плями з борту плавучого транспорту.

До третього типу диспергентів відносяться концентрати, що складаються з високоефективних неіоногенних поверхнево-активних речовин. Ці концентрати можна використовувати для розсіювання нафти. Вони володіють високою активністю. Диспергенти цього типу можна розбавляти в спеціальних розчинниках. Застосовують їх як в концентрованому вигляді, так і у водних розчинах 10-15 % концентрації.

В даний час широке застосування знайшли диспергенти другого та третього типів, як найбільш активні. В залежності від умов обробки і властивостей зібраних нафтопродуктів використовують той або інший тип диспергента.

В Україні випускаються диспергенти другого типу: марки ОМ-6, ЕПН-5 і ДН-75.

До диспергентів третього типу можна віднести: ВР110 WD фірми «Брітш Петролеум», Корексит 9527 фірми «Ексон» та інші диспергенти, що випускаються в Данії, Швеції, Японії та інших країнах.

В даний час використовують диспергенти, які дозволяють утворювати емульсію з нафти і морської води з розміром крапель близько 1 мкм. Дрібні краплі швидше біологічно розкладаються, тому, при ліквідації нафтових розливів доцільно отримувати дрібнодисперсну емульсію. За допомогою поверхнево-активних речовин проводиться також збір нафти за рахунок збільшення ними поверхневого натягу на межі розділу вода-нафта, що сприяє стягання плями нафти, збільшення товщини шару і зменшення площі плями [12].

### **Сорбенти**

Для локалізації розливів ННП обгрунтовано застосування і різних порошкоподібних, тканинних або бонових сорбуючими матеріалів. Сорбенти при взаємодії з водною поверхнею починають негайно вбирати ННП, максимальне насичення досягається в період перших десяти секунд (якщо нафтопродукти мають середню щільність), після чого утворюються грудки матеріалу, насиченого нафтою.

Спосіб нанесення сорбенту на водну поверхню та під нафтову пляму – з допомогою розпилювача бункерного типу з використанням як носія повітря (комплектуються компресором) або води (комплектуються насосом).

Освоєно виробництво сорбентів багаторазового користування для збору розливої нафти (нафтопродуктів) з поверхні води, ґрунту, аж до видалення райдужної плівки. Сорбенти утримуються на поверхні води, не тонуть, добре сорбують нафту при температурах від 0 до 30°C. Випускаються в різній формі - рулонах, матах, серветках і використовуються в залежності від умов. Мати армовані волокнами з поліпропілену і призначені для використання в якості плавучих нафтопоглинаючих бонових загороджень (тралів) різної конструкції. Сорбційна ємність становить 15-20 кг нафти на 1 кг адсорбенту. Регенерація (віджим нафти) до 10 циклів знижує ємність на 1-2 кг. Загальний обсяг збору нафти – на 1 кг адсорбенту до 150 кг нафти. Використані сорбенти можуть застосовуватися як паливо, гідроізоляційний матеріал.

Найбільш складним у технологічному аспекті є очищення водних поверхонь від плаваючої нафти з допомогою гідрофобних плаваючих сипких сорбентів - збирачів. Зазвичай нафтосорбент пневматичним пристроєм розпорошується на забруднену водну поверхню і після поглинання нафти збирається механічними засобами, наприклад, сітчастим черпаком або спеціальним сепаратором.

Незважаючи на отримання первинного екологічного ефекту – розриву суцільного плівкового забруднення, сорбції розчинених і емульгованих нафт, сорбенти мають і суттєвий недолік – вимагають збору та утилізації, які не завжди на практиці здійсненні.

Таблиця 1 – Характеристика сорбентів нафти и нафтопродуктів

Сорбент	Коефіцієнт нафтопоглинання	Час вбирання, с	Плавучість	Ефективність очистки, %
Гумова крихта	1:4	60	Не тоне	92
Текстильний	1:16	60	Не тоне	99,98
Горошок	1:0,7	-	Не тоне	98,93
Пінополіуретан	1:6	30	Не тоне	83
Перліт	1:3	30	Не тоне	82,5
Тирса	1:1	30	Не тоне	67

Характеристика деяких сорбентів нафти і нафтопродуктів наведено в таблиці 1 [10].

До переваг сорбентів відносяться незалежність застосування від зовнішніх умов і мінімальні витрати на зберігання і транспортування.

В Україні широко використовується високоефективний нафтовий сорбент «Еколан» [12].

Він є екологічно чистим адсорбентом, що дозволяє ефективно і швидко видаляти наслідки розливів нафти і продуктів її переробки з поверхні відкритих водоймищ. Сорбент працює при різних температурах під час проведення екстрених аварійних і планових очисних заходів з подальшим біорозкладанням.

#### Біологічний метод

Біологічний метод використовується після застосування механічного та фізико-хімічного методів при товщині плівки не менше 0,1 мм. В основі біологічного методу лежить поняття біоремедиації.

**Біоремедиація** – це технологія очищення нафтозабрудненого ґрунту і води, в основі якої лежить використання спеціальних, вуглеводоокислюючих мікроорганізмів або біохімічних препаратів. Кількість мікроорганізмів, здатних асимілювати нафтові вуглеводні, відносно невелика. Насамперед, це – бактерії, в основному представники роду *Pseudomonas*, і певні види грибків і дріжджів. У більшості випадків всі ці мікроорганізми є жорсткими аеробами.

Існують два основних підходи до очищення забруднених територій за допомогою біоремедиації:

- стимуляція локального ґрунтового біоценозу;

- використання спеціально відібраних мікроорганізмів.

Стимуляція локального ґрунтового біоценозу заснована на здатності молекул мікроорганізмів до зміни видового складу під впливом зовнішніх умов, в першу чергу субстратів харчування.

Найбільш ефективно розкладання ННП відбувається в перший день їх взаємодії з мікроорганізмами. При температурі води 15-25 °С і достатньої насиченості киснем мікроорганізми можуть окислювати ННП зі швидкістю до 2 г/м<sup>2</sup> водної поверхні за день, однак при низьких температурах бактерійне окислення відбувається повільно, і нафтопродукти можуть залишатися в водоймах тривалий час - до 50 років [13].

Вуглеводоокислююча група мікроорганізмів природного походження дуже різноманітна.

Найбільш активні бактеріальні штами належать до родів: *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Xanthomonas*, *Alcaligenes*, *Nocardia*, *Brevibacterium*, *Mycobacterium*, *Beijerinckia*, *Bacillus*, *Enterobacteriaceae*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Sphaerotilus*. Серед актиноміцетів увагу привертає численний рід *Streptomycetes*. З дріжджів виділяють рід *Candida* і *Torulopsis*[14].

Одна з сучасних технологій очищення нафтових вуглеводнів спеціалізованої мікрофлорою до безпечних для людини сполук окису вуглецю, органічної речовини біомаси і води. Біокомпостування проводиться на стаціонарних або тимчасових спеціальних майданчиках – в оформлених грядках-буртах, які складаються з структурних матеріалів – тирси, торфу. Ефективність цього процесу досягається підтриманням потрібного тепловологого режиму компосту, співвідношенням азотно-фосфорних компонентів, вмістом кисню та кількістю нафтоокислюючої мікрофлори. Цей процес займає 2-4 місяці.

Особливості методу біокомпостування:

- спочатку проводиться сортування – видалення сторонніх предметів з осадів, подрібнення великих шматків. Нафтові шлами перемішують і розміщують на облаштованому майданчику;

- далі вносяться стабілізатори, структуратори, мінеральні добрива, біологічні активні композиції;

- в процесі біодеструкції спеціально підготовлені люди періодично проводять зволоження і розпушування компосту.

#### Висновки

Багатофакторність системи "нафта – навколишнє середовище" часто ускладнює прийняття оптимального рішення щодо ліквідації аварійного розливу. Однак аналізуючи способи боротьби з наслідками розливів та їх результативність стосовно до конкретних умов, можна створити ефективну систему заходів, яка дозволить в найкоротші терміни ліквідувати наслідки аварійних розливів ННП і звести до мінімуму екологічну шкоду. Незалежно від характеру аварійного розливу нафти і нафтопродуктів перші заходи з його ліквідації повинні бути

спрямовані на локалізацію плям, щоб уникнути подальшого поширення забруднення нових ділянок і зменшення площі забруднення.

В подальших дослідженнях нами заплановано удосконалити спосіб ліквідації розливів нафти у водотоках шляхом встановлення бонового огороження, що складається з труби, закріпленої нерухомо на берегах ріки. Бонове огороження представляє собою трубу, наприклад, виконану у вигляді тканинного рукава. З однієї сторони бонове загородження заглушене, а другою стороною приєднане до насоса. Встановлена на поверхні води труба, підтримується поплавками таким чином, що внутрішня поверхня його труби співпадає з рівнем поверхні води у ріці. Перфорована труба встановлюється на поплавках паралельно до бонового огороження вище по течії ріки, нерухомо кріпиться до берега і сполучається з піногенератором. Протилежна сторона цієї перфорованої труби заглушена. Поплавки забезпечують встановлення перфорованої труби необхідну висоту  $h$  над рівнем поверхні води у ріці. Через отвори у перфорованій трубі подається піна по напрямку течії ріки на нафтову пляму. Віддаль між боновим огороженням і перфорованою трубою вибирається в залежності від швидкості течії ріки та типу піни, яка застосовується для руйнування структури нафтової плями і утворення пінонафтової суміші. Насос створює розрідження у трубі бонового огороження і відкачує через односторонні отвори і внутрішню порожнину бонового огороження пінонафтову суміш і з поверхні води подає її у відстійник.

Технічний результат від застосування способу ліквідації розливів нафти у водотоках полягає у забезпеченні ефективного видалення нафти і нафтопродуктів з поверхні води у ріці та високої продуктивності очищення.

### Література

- 1 Прикладная экобиотехнология [Текст]: навч. посіб. / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова, С.В. Лушников, [та ін.]; 1-е вид. – М.: Бином, 2010. – с. 472-620.
- 2 Гвоздиков В.К. Технические средства ликвидации разливов нефтепродуктов на морях, реках и водоемах [Текст]: довід. посіб. / В.К. Гвоздиков, В.М. Захаров. – Ростов-на-Дону, 1996.
- 3 Современные методы и средства борьбы с разливами нефти [Текст]: наук.- практ. посіб. / А.И. Вылкован, Л.С. Венцулис, В.М. Зайцев, В.Д. Филатов – СПб.: Центр – Техинформ, 2000. – 204 с.
- 4 Средства для ликвидации разливов нефти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lessorb.ru/tehnicheskie-sredstva-sborai-perekachki-nefti-i-nefteproduktov/skimmer-porogovye/skimmer-porogovuyu-sp-3/>
- 5 Скиммеры олеофильного типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.skimmer.su/index.html>

6 Существующие системы для сбора разливов нефти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xrl.ru/news/show/120.htm>

7 Устройства для сбора нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoland51.ru/article/article3.html>

8 Применения скиммеров при ликвидации разливов нефти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP\\_5\\_2012\\_RU\\_Use\\_of\\_skimmers\\_in\\_oil\\_pollution\\_response.pdf](http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP_5_2012_RU_Use_of_skimmers_in_oil_pollution_response.pdf)

9 Мочалова О.С. Нефтяные аварийные разливы и роль диспергирующих средств в их ликвидации [Текст] / О.С. Мочалова, Л.М. Гурвич, Н.М. Антонова // НефтеГазоПромысловый Инжиниринг. – 2004.

10 Воробьев Ю.Л. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов [Текст] / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов; МЧС России. – М.: Ин-октаво, 2005. – 368 с.

11 Диспергирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sajt-spasatel.ru/larn/klassifikatsiya-metodov-sbora-nefteprodukta/dispergirovanie.html>

12 Углеродистый биодеструктивный нефтепоглощающий сорбент нефти «ЭКОЛАН-М» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rema.dp.ua/catalog/ecology/sorbent/sorbent-nefti-ekolan-m>

13 Янкевич М.И. Биоремедиация нефтезагрязненных водоемов [Текст] / М.И. Янкевич, К.В. Квитко // Экология и промышленность России. – 1998. – №10. – С. 21-26.

14 Ликвидация аварийных разливов нефти (ЛАРН) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.niknews.mk.ua/2011/08/09/pao-nikolaevoblenergo-priglashaet-napostojannuju-rabotu1/>

Стаття надійшла до редакційної колегії  
18.04.16

Рекомендована до друку  
професором Адаменком О.М.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором Мізюком М.І.  
(Івано-Франківський національний медичний  
університет, м. Івано-Франківськ)