

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гвоздиков В. К. Технические средства ликвидации разливов нефтепродуктов на морях, реках и водоемах : довід. посіб. / В. К. Гвоздиков, В. М. Захаров. – Ростов-на-Дону, 1996.
2. Застосування сорбентів при ліквідації розливів нафти. URL: <http://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-08-useof-sorbent-materials-in-oil-spill-response/>.
3. Офіційний сайт компанії «СОНЕТ». URL: <http://sonetkld.ua/produksiya>.
4. Офіційний сайт компанії ТОВ «Лісорб». URL : <http://www.lisorb.ua/zasoby-sorbciynoi-ochinky/sorbenty/sorbent-lisorb-ekstra>.
5. ТУ 0391-001-67072902-20011. Сорбент органічний «Унісорб-екстра». URL: <http://docs.cntr.ua/document/437165566>.
6. ТУ 2164-011-02698192-2006. Сорбент кремневуглецевий ТШР. URL: <http://docs/cntd.ua/document/415960680>.

## ЗАСТОСУВАННЯ СОРБЕНТІВ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ РОЗЛИВІВ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

**Коробка О.В.**, студент

*Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка*

В статті представлено опис загальних принципів роботи сорбентів, які використовуються при операціях з ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів, такі як абсорбція, адсорбція, змочувана здатність, капілярна дія, когезія/адгезія та площа поверхні. Зазначено інформацію про матеріали, які зазвичай використовують у якості сорбентів та їх походження. Описано критерії мвибору сорбентів для усунення розливів нафти при різних умовах. Для більшого

розуміння властивостей сорбентів розглянуто застосування сорбентів на береговій лінії і поблизу неї, у відкритому морі та застосування для допоміжних та інших цілей. Досліджено різні способи зберігання, вивезення та утилізації використаних сорбентів.

**Ключові слова:** нафта, нафтопродукти, аварійний розлив нафти, сорбенти.

**Вступ.** Сорбенти нафти включають широке різноманіття органічних, неорганічних та синтетичних продуктів, призначених для видалення нафти переважаючи видаленню води [10]. Їх склад і характеристики залежать від матеріалу який використовується при операціях з ліквідації розливів [3].

Щоб діяти як сорбент, матеріал повинен взаємодіяти з нафтою, не взаємодіючи з водою, тобто має бути олеофільним і в той же час гідрофобним. Сорбенти можуть діяти по принципу адсорбції (поверхневого поглинання) або, рідше, по принципу абсорбції (поглинання). При адсорбції нафта вибірково притягується до поверхні речовини, в той час як абсорбенти поглинають нафту або іншу рідину, що видалається, в себе [2]. Більшість продуктів, запропонованих для усунення розливів нафти та нафтопродуктів, являються адсорбентами, і лише деякі з них є істинними абсорбентами.

**Принцип роботи сорбентів. Абсорбенти.** Рідини проникають в твердий абсорбуючий (поглинаючий) матеріал за допомогою процесу, подібному до руху по капілярах, викликаючи набухання абсорбенту. Рідини сполучаються з матеріалом таким чином, що вони не витікають та не можуть бути витіснені під тиском [10]. Абсорбенти, що використовуються при усуненні забруднення, виготовляються зі штучних полімерів з великою площею поверхні, що сприяє швидкій абсорбції. Оскільки абсорбенти можуть зменшити площу поверхні рідини, вони можуть використовуватися з леткими продуктами.

**Адсорбенти.** Для запобігання плутанини в даній роботі використовується шикоро використовуваний родовий термін «сорбент», оскільки головне призначення даного підрозділу – описати застосування адсорбентів при

реагуванні на розливи нафти та нафтопродуктів. Нижче описано різноманітні механізми, які дозволяють матеріалу адсорбувати нафту та нафтопродукти [4].

**Змочувана здатність.** Для успішної адсорбції нафта та нафтопродукти повинні змочувати матеріал і, відповідно, розповсюджуватися по його поверхні на перевагу воді. Рідина змочує тверду речовину, якщо коефіцієнт її поверхневого натягу менше критичного коефіцієнту поверхневого натягу ( $\gamma_c$ ) твердої речовини. Тому для того, щоб сорбент зодовольняв потрібні критерії, він має мати значення  $\gamma_c$  нижче значення  $\gamma_c$  води і вище значення  $\gamma_c$  нафти. Коефіцієнт поверхневого натягу морської води складає приблизно 60-65 мН/м; ця характеристика для нафти змінюється в залежності від складу нафтопродукту, але зазвичай близька до 20 мН/м. Тому, наприклад, ПТФЕ (політетрафторетилен) зі значенням  $\gamma_c$ , що дорівнює 18 мН/м, не буде адсорбувати ні нафту, ні воду, в той час як поліпропілен зі значенням  $\gamma_c$  в 29 мН/м являється ідеальним сорбентом нафти [11].

**Капілярна дія.** В деяких матеріалах адсорбція проходить за допомогою капілярної дії. В той час як вона залежить від відносного поверхневого натягу твердої речовини і рідини, в'язкість нафти також має суттєвий вплив на швидкість проникнення в структуру сорбенту [6]. Швидкість проникнення нафти може бути високою (протягом декількох секунд) для малов'язких нафтопродуктів, таких як легка нафта, або від низької (декілька годин) до дуже низької для високов'язких нафтопродуктів, таких як важка нафта або вивітрені нафтопродукти.

**Когезія/адгезія.** Когезія – це сполучення між молекулами матеріалу і, таким чином, запобігання розповсюдженню на твердій поверхні. Адгезія – це сполучення молекул одного матеріалу з молекулами іншого. Дія сорбентів заснована як на адгезії нафти до поверхні сорбенту, так і на когезійних властивостях нафти, які дозволяють великій кількості нафти утримуватися сорбентом [7]. Якщо сорбент має форму пасма з розрихлених ниток, когезія

нафти серед елементів сорбенту може сприяти утворенню застиглої маси, яка сповільнює розповсюдження нафти і полегшує збір суміші нафти і сорбенту.

Когезія вища у більш в'язких нафтопродуктів.

**Площа поверхні.** Додатково до характеристик змочування, розповсюдження та капілярності конкретної сорбуючої речовини, швидкість і здатність сорбції безпосередньо пов'язані з доступною площею поверхні. Ефективна сорбуюча речовина повинна мати високе відношення площі поверхні до об'єму з врахуванням зовнішніх і робочих внутрішніх поверхонь.

**Сорбційні матеріали та їх форми.** Матеріали, які можуть використовуватися в якості сорбентів, досить різноманітні. З органічних матеріалів можна назвати такі, як кора, торф, тирса, паперова маса, банаса (вижимка цукрового тростника), корок, куряче перо, солома, шерсть та людське волосся. Прикладами неорганічних матеріалів є вермикуліт та пемза; поліпропілен та інші матеріали представляють собою синтетичні матеріали [6]. Синтетичні сорбенти зазвичай являються найефективнішими для збору нафти. В деяких випадках може досягатися співвідношення за масою 10:1 для органічних продуктів і ще більш низьким співвідношенням 2:1 для неорганічних матеріалів. Незважаючи на обмежену адсорбційну здатність, органічні та неорганічні матеріали можуть бути доцільними для використання, так як вони часто в надлишку містяться в природному середовищі або ж є побічними продуктами промислових процесів і можуть легко закуповуватися за низькими цінами або безкоштовно [4].

В залежності від їх складу і призначення на ринку присутні сорбенти в різних формах [6]. В основному вони можуть бути розділені на чотири види: розсипний непов'язаний сорбент, часто у формі окремих частинок; сорбент, укладений в сітчастий матеріал у формі подушок або бонів; суцільний сорбент у формі матів, листів, бонів або рулонів і сорбент у вигляді розрихлених волокон, об'єднаних у формі петлі або трапа (таблиця 1).

**Розсипні сорбенти.** Більшість із перелічених матеріалів пропонуються на ринку як непов'язаний сорбент і успішно використовуються для видалення невеликих розливів нафти на суші. Зважаючи на складності контролю їх нанесення та збору, застосування таких матеріалів у морському середовищі повинно бути обмежене спеціальними сценаріями, описаними далі в підрозділі зі застосування сорбентів на берегових лініях.

**Вкладені в оболонку сорбенти.** Розсипні непов'язані сорбційні матеріали часто поміщаються у зовнішню оболонку з тканини або сітчастого матеріалу, приймаючи форму бона, подушки або шкарпетки, яку легко розвертати, простіше контролювати і далі простіше збирати порівняно з матеріалом в непов'язаному вигляді. Укладені в оболонку сорбційні продукти різноманітні за формою та об'ємом, але більше всього розповсюджені бони (не плутати зі суцільною формою, описаною нижче). Вкладені в оболонку сорбенти зазвичай отримують з легкодоступних органічних та неорганічних природних матеріалів, таких як солома, але вони можуть також містити окремі елементи із синтетичного матеріалу, наприклад, поліпропілену [5].

**Суцільні сорбенти.** Суцільний циліндричний сорбент, зазвичай у формі бона, відрізняється від укладеного в оболонку непов'язаного сорбенту в формі бону, описаного вище, тим, що він більш гомогенний та має більш низьке відношення площі до об'єму, і тому нафта не настільки легко може прокинкати до осердя бону. Суцільні плоскі сорбенти, наприклад, у формі листів, рулонів, матів, подушок і мембран, характеризуються високим співвідношенням площі поверхні до об'єму.

**Розрихлені волокнисті сорбенти.** Розсипні, включені в оболонку і суцільні сорбційні продукти з успіхом використовуються при видаленні легких та середньов'язких нафтопродуктів, але вони не настільки ефективні для збору вивітрених та високов'язких нафтопродуктів. Застосовуються зв'язки або мотки розрихлених волокон сорбенту, які дозволяють збирати такі нафтопродукти шляхом комбінації процесів адгезії до великої площі поверхні і когезії

всередині самої нафти. Виготовлені в основному із поліпропіленових стрічок, вони зазвичай скріплюються між собою і утворюють сорбуючі пастки, відомі також як «пом-пони». Декілька окремих пасток можуть прикріплюватися по довжині канату з утворенням мітелок для в'язкої нафти або «бонів-пасток». Скімерні машини по типу швабри використовують змітаючий елемент у формі неперервної полоси, часто багатометрової довжини, для збору нафти [12].

Таблиця 1 Переваги та недоліки використовуваних видів сорбентів

Вид	Матеріал	Переваги	Недоліки
Рослинні сорбенти	<ul style="list-style-type: none"> <li>Органічні – кора, торф, тирса, паперова маса, корок, куряче перо, солома, шерсть, людське волосся</li> <li>Неорганічні – вермікуліт та пемза</li> <li>Синтетичні – головним чином поліпропілен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Часто присутні у надлишку в природі або широко доступні як побічні продукти промислових процесів</li> <li>Можуть бути дешевими</li> <li>Можуть слугувати захистом живої природи на місцях проживання тварин</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Важко контролюються, можуть розноситися вітром</li> <li>Важко піддаються збору</li> <li>Суміші нафти та сорбенту може важко піддаватися прокачуванню</li> <li>Утилізація суміші нафти й сорбенту складніша, ніж утилізація лише нафти</li> </ul>
Укладені в оболонку сорбенти	<ul style="list-style-type: none"> <li>Всі з вищезазначених матеріалів, використовуваних у вільному доступі, можуть поміщатися в сітчастий матеріал</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Більш просте розміщення та збір порівняно з вільними сорбентами</li> <li>Матеріал, поміщений в бон, має більшу площу поверхні, ніж суцільний бон</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Конструктивна міцність визначається міцністю сітчастого матеріалу</li> <li>Бони з органічної речовини можуть швидко насичуватися і тонуть. Утримування нафти обмежене</li> </ul>
Суцільні сорбенти	<ul style="list-style-type: none"> <li>Синтетичні – головним чином поліпропілен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Довгострокове зберігання</li> <li>Відносно просте викладання та прибирання</li> <li>Можливе досягнення високого ступеню збору нафти при використанні повної сорбційної здатності</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обмежена ефективність для вивітраних та більш в'язких нафтопродуктів</li> <li>Важко піддаються розкладанню, що обмежує варіанти утилізації відходів</li> </ul>
Волокнисті сорбенти	<ul style="list-style-type: none"> <li>Синтетичні – головним чином поліпропілен</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ефективні на вивітраних та більш в'язких нафтопродуктах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Менш ефективні для свіжо розлитих нафтопродуктів низької та середньої в'язкості</li> </ul>

**Критерії вибору сорбентів.** Окрім форми, в якій присутній сорбент, і здатності конкретного матеріалу селективно притягувати нафту, на ефективність впливають й інші фактори [9].

**1. Плавучість.** Для ефективної дії на плаваючій нафті сорбенти повинні мати та зберігати високу плавучість, залишаючись на плаву навіть при насиченні нафтою та водою. Деякі натуральні органічні матеріали, такі як солома і деревна тирса, мають гарну початкову плавучість, але з часом просочуються водою й тонуть. Однак інколи плавучість може негативно впливати на ефективність сорбенту. Наприклад, деякі більш легкі, менш в'язкі матеріали можуть залишатися на поверхні важких, в'язких нафтопродуктів. В таких випадках може знадобитися ручне перемішування сорбенту з нафтою для сприяння насиченню і ефективному продовженню збору нафти [10].

**2. Насичення.** Сорбенти можуть швидко насичуватися нафтою. Навіть відносно невелика нафтова пляма може швидко увібратися в сорбуючий бон, і нафта

може вивільнитися із сорбенту, забруднюючи ресурс, який він мав захищати. Після насичення сорбенти не можуть збирати більше нафту і повинні як можна швидше бути видаленими, щоб запобігти її наступному витіканню. Рівень насичення буває важко визначити, і для цього часто потребується розкривання бону. При в'язких нафтопродуктах часто відбувається неповне насичення, при якому бони можуть помилково видалятися й утилізуватися, коли їх внутрішні шари ще не заповнені [6]. Таке нераціональне використання може бути виключено або знижено шляхом застосування сорбуючого бона з малим діаметром, що дозволить знизити об'єм невикористаного матеріалу в центрі бону при одночасному збереженні його ефективності. Також можна застосувати нафтові пастки [3].

**3. Утримування нафти.** Одним з ключових аспектів загальної дії сорбенту є його здатність утримувати нафту. Деякі матеріали швидко адсорбують нафту [9], але, не будучи вчасно видаленими, можуть в результаті вивільняти значну кількість нафти в результаті дії вітру, хвиль і течій. Таким же чином, деякі сорбенти вивільняють нафту при підйомі з води, так як вага зібраної рідини може викликати просідання і деформування сорбенту з видавленням нафти з пор та з внутрішніх поверхонь. Утримування нафти може складати особливу проблему при використанні сорбентів з низьким внутрішнім запасом міцності, частково, сорбентів з органічних матеріалів [2].

**4. Міцність та довговічність.** Довговічність сорбенту важлива в ситуаціях, коли він тривалий час залишається на забрудненій ділянці до його видалення. Сорбуючі бони можуть почати руйнуватися і розпадатися на частини за лічені години в результаті дії навколишніх факторів, таких як дія хвиль і стирання об скельні породи. Міцність деяких сорбуючих бонів, особливо які складаються з укладеного в оболонку незв'язаного матеріалу, залежить від довговічності утримуваного сітчастого матеріалу, який може розірватися при несприятливих

навколишніх умовах [7]. Після пошкодження вміст таких бонів легко розповсюджується і може стати джерелом вторинного забруднення.

**5. Вартість.** Вартість сорбційних продуктів коливається в широких діапазонах і залежить головним чином від використаного матеріалу. Органічні та неорганічні матеріали, як правило, дешевші за синтетичні продукти. Однак низька ціна одиниці продукту повинна бути співставлена з необхідністю використання великої кількості сорбенту з причини низької відносної тефективності. При виборі найбільш прийняттого продукту повинні також враховуватися додаткові витрати на утилізацію великої кількості відходів післязакінчення робіт. Незважаючи на високу вартість синтетичних продуктів, вони

часто виявляються в декілька разів ефективнішими і в деяких випадках можуть використовуватися повторно.

**6. Ферментація.** При довготривалому контакті з водою деякі органічні сорбенти можуть піддаватися ферментації. Додатково до зміни складу і способу збору нафти, це може створювати проблеми для видалення, зберігання та утилізації отриманої суміші сорбенту та рідини [6].

**7. Доступність, зберігання та транспортування.** Ефективність синтетичних сорбентів робить їх привабливими, але вони не завжди можуть бути негайно доступні на території розливу. Органічні та неорганічні сорбенти, незважаючи на їх більш низьку ефективність, можуть складати практичну альтернативу завдяки більш широкій доступності. Необхідність попередньої обробки для ряду органічних продуктів до того, як вони можуть бути ефективно використаними в якості сорбентів, може ускладнити їх застосування в аварійних ситуаціях [7].

**Використання сорбентів на береговій лінії, у відкритому морі та для допоміжних цілей.** Сорбенти можуть виконувати декілька важливих функцій для прибережного та берегового очищення. Однак застосування великої кількості сорбентів потрібно, за можливості, уникати для зменшення вторинних

проблем, пов'язаних з утилізацією відходів. Таким чином, великомасштабне використання сорбентів на берегових лініях повинно обмежуватися тими ситуаціями, при яких інші методи очистки можуть бути неефективними або неможливими [7]. Наприклад, нафта на твердих пісчаних пляжах зазвичай може збиратися без надзвичайного застосування сорбентів робочими за допомогою лопат або шляхом проривання траншей. З іншого боку, в умовах, коли нафта утримується на береговій лінії, доступній лише пішим ходом, і де неможливо мобілізувати скімери та насоси, буває досить важко зібрати рідку нафту без допомоги сорбентів. Тим не менш, у цьому випадку лишається багато складнощів, пов'язаних з доступністю, транспортуванням та зберіганням сорбентів як до їх використання, так і після [2].

Заякорений поблизу берега сорбуючий бон може ефективно використовуватися для вловлення потоків від берегових операцій промивання, наприклад, від промивання під високим тиском скельних порід або від промивання припливної зони для збору нафти, яка спливає або повторно переміщується [1]. Позначені терміном «засоби пасивного очищення», інколи сорбційні та вловлюючі бони можуть бути досить ефективними для збору нафти, що перемістилася повторно при наступних припливах, на екологічно вразливих ділянках, наприклад, на солончаковій низині та у мангрових заростях, де інші методи очищення можуть завдати неприпустимої додаткової шкоди. Таким же чином, цей метод може використовуватися для збору нафти, що звільняється з армування скель та кам'яних структур при наступних припливах [7]. Також є приклади успішного використання дрібнокомірчастої сітки, що використовується в якості пилезахисного екрану при роботі на будівельному риштуванні, для вловлювання в'язкої нафти, що звільняється з берегових ліній, які містять валуни, камені та крупнозернистий пісок. Один кінець сітки закріплюється на березі, в той час як інший залишається вільним для переміщення у воді. При сприятливих довколишніх умовах, особливо коли швидкість води через бон не надто висока, бон-пастка може бути також

ефективною при розміщенні впоперек промислових водозборів, щоб обмежити проникнення в'язкої нафти що плаває.

Застосування сорбентів в якості першочергового засобу ліквідації аварії при великому розливі нафти у відкритому морі не повинно підтримуватися. Додатково до проблем контролю за матеріалом на поверхні води і підвищенню об'єму нафтовмісних відходів, що потребують утилізації, нанесення сорбентів на нафтову пляму не вирішує задач, що виникають при операціях по стримуванню і збору нафти в морі [11]. Суміш що утворюється з нафти та сорбенту вірогідно буде заважати роботі скімерів і також піддватиметься дії вітру, течій та хвиль, що приводитиме до розриву плям, керувати якими не простіше, ніж початковим розливом.

Одним із найтипівіших способів використання сорбентів є висушування невеликих розливів на суші та на борту судна, але вони також застосовуються для деяких допоміжних функцій, наприклад, для підвищення безпеки працівників і запобігання більш широкого забруднення. Сорбційні мати можуть використовуватися для очистки слизьких поверхонь на палубі судна і в пунктах знезараження, а також для розділення чистої та забрудненої зон на станціях очищення [6]. Таким же чином, мати сорбенту часто поміщаються на порозі при вході в місця проживання команди судна або в командні пункти на березі, щоб не занести нафту всередину приміщень. Як і при всіх вищезазначених сценаріях, для запобігання зайвих втрат сорбент потрібно використовувати до насичення і тільки після цього утилізувати.

У морському фермерстві листи сорбенту успішно використовувалися для збору нафти, що плаває та нафтових плівок з поверхні води всередині кліток для риби, де насичені нафтою листи утримуються і можуть легко видалятися. У відносно спокійних умовах сорбційні бони можуть застосовуватися для зовнішнього оточення огороження клітки для риб чи інших вразливих ресурсів з метою зниження можливості їх забруднення [2].

**Зберігання, вивезення та утилізація використаних сорбентів.** Після збору використаного в морі сорбенту потрібно забезпечити його зберігання як на борту судна, так і потім на березі до кінцевої утилізації відходів. При стисненні насиченого сорбенту, наприклад, бону під дією ваги поміщеного на нього матеріалу, адсорбована нафта може почати просочуватися. Тому зберігання на борту повинно здійснюватися в огороженому просторі, щоб речовини які витікають не забруднювали палубу і проходи, що робить їх небезпечними, або не стікали за борт, викликаючи повторне забруднення [3]. Нафтовмісний сорбент повинен вивантажуватися із дотриманням заходів безпеки, щоб знизити забруднення причалів та пристаней.

**Способи утилізації.** Можливості утилізації нафтовмісних сорбційних матеріалів відносно обмежені порівняно з можливостями утилізації рідких нафтопродуктів. Навіть невелика кількість сорбенту, що присутня в масі відходів, може виключити можливість утилізації цих відходів багатьма способами, наприклад, при використанні в якості сировини на нафтопереробних заводах.

**Повторне використання.** Теоретично деякі типи сорбентів можуть бути повторно використані, якщо з них вдається вилучити зібрану нафту. Цього можна досягти за допомогою стиснення з використанням віджимного катка або віджимної машини (як у системах скімерів по типу швабри) або центригуванням чи екстракції розчинником [12]. Стиснення зазвичай є найпрактичнішим варіантом і здійснюється для деяких синтетичних продуктів. При цьому необхідно взяти до уваги кількість циклів повторного використання, яку сорбент може витримати до втрати своєї придатності в результаті розриву, руйнування або загальної зношеності [7].

**Спалювання.** Спалювання забрудненого сорбенту може бути доцільним варіантом, якщо сорбційний матеріал горить і не містить надмірної кількості води. Останній критерій часто виключає можливість спалювання колишніх у використанні органічних сорбентів, оскільки вони часто менш вибагливі у зборі

нафти на перевагу збору води і можуть містити велику кількість води. Навіть якщо в регіоні, де відбувся інцидент, присутні інсинератори, їх виготовлення зазвичай розраховане на внутрішні потреби, і вони будуть, ймовірно, перевантажені раптовим надходженням великої кількості нафтовмісних відходів, що виникли при масштабному розливі нафти [3].

**Захоронення.** Утилізація сорбційних матеріалів шляхом захоронення також зазвичай суворо регулюється місцевим або державним законодавством. В деяких країнах нафтовмісні сорбенти розглядаються як небезпечні відходи, які підлягають захороненню на спеціально відведених для цього майданчиках з наступним ростом витрат на транспортування та утилізацію. Сучасні майданчики зазвичай огорожуються непроникною мембраною для запобігання витоків. В той же час в деяких регіонах, де така ізоляція зазвичай не використовується, повинна приділятися увага заходам із запобігання забрудження сусідніх ґрунтових та поверхневих вод [6].

**Біорозклад.** Перевагою органічних сорбентів є їх здатність до біорозкладу. Залежно від місцевих нормативів з утилізації відходів і при відносно низькому вмістові нафти можливе допущення утилізації органічних сорбентів методом обробки землі [8]. Нафтовмісний сорбент розміщується по великій площі землі, після чого піддається дії процесів біорозкладу. Розклад може зайняти декілька років, хоча часто він може пришвидшуватися шляхом насичення киснем з допомогою обладнання для розлихлення землі і внесення добрив. Компостування деяких органічних сорбентів також може бути досить доцільним.

**Висновки.** В даній статті розглянуто загальну характеристику сорбентів, їх класифікацію та застосування сорбентів при ліквідації розливів нафти й нафтопродуктів. описано загальні поняття про сорбенти, критерії класифікації сорбентів та застосування сорбентів у різних сферах діяльності людини. Вказано переваги та недоліку використання даних сорбентів у певних умовах та

для конкретних цілей. Акцентовано увагу на застосуванні сорбентів при ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи. – Полтава : ПолтНТУ, Київ : ФОП Халіков Р. Х., 2017. – 312 с.

2. Воробйов Ю. Л, Акимов В. А., Соколов Ю. І. Попередження та ліквідація аварійних розливів нафти та нафтопродуктів. К. : Ін-Октаво. 2005. 368 с.

3. Гвоздиков В.К. Технические средства ликвидации разливов нефтепродуктов на морях, реках и водоемах : довід. посіб. / В.К. Гвоздиков, В.М. Захаров. – Ростов-на-Дону, 1996.

4. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М., 1984;

5. Довідник з нафтогазової справи / За заг. ред. Бойка В. С., Кондрата Р. М., Яремійчука Р. С. – Львів : Місіонер, 1996. – 620 с.

6. Елізаров Д. П., Елькін А. І., Даванков В. А. Експериментальне вивчення сорбційної активності поширених сорбентів. Еферентна терапія. – 2003. – Т. 9, № 3. – С. 58-61.

7. Застосування сорбентів при ліквідації розливів нафти. URL: <http://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-08-useof-sorbent-materials-in-oil-spill-response/> .

8. Ластухін Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія. – 3-є. – Львів : Центр Європи, 2006. – 864 с.

9. Лім Л. А., Реутов В. А., Руденко А. А., Чудовський А. С. Нафтоємність сорбентів: проблема вибору методики визначення. Успіхи сучасного природознавства. 2018. № 10. – С. 144-150.

10. Моисейков С. Ф. и др. Химический состав легкой части нефтей и конденсатов. Газоконденсаты и нефти. – Ашхабад, изд-во Ылым АН Туркмен.

ССР, 1968.

11.Саранчук В. І., Ільяшов М. О., Ошовський В. В., Білецький В. С. Основи хімії і фізики горючих копалин. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. – 600 с.

12.Скіммери олеофільного типу. URL: [h\\_ttp://www.skimmer.su/index.htm](http://www.skimmer.su/index.htm).

## **НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ АСПРАНТІВ ЯК ФАКТОР ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЗБАГАЧЕННЯ СУБТРОПІЧНИХ РОСЛИН У ХОРОЛЬСЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ**

**Красовський В.В.**, кандидат біологічних наук

*Хорольський ботанічний сад*

**Черняк Т.В.**, студент

**Єгоркіна С.О.**, студент

**Рудик А.В.**, студент

*Полтавський національний педагогічний університет ім. В.Г. Короленка*

Хорольський ботанічний сад (далі ХБС) – об'єкт природно-заповідного фонду України загальнодержавного значення, який належить до групи зелених насаджень спеціального призначення зі статусом науково-дослідної установи. Головним напрямом наукових досліджень ХБС є інтродукція в лісостеповій зоні України субтропічних полікарпічних плодових рослин за відкритого ґрунту [2].

Відомо, що більшість видів рослин не можуть природно змінювати свій ареал досить швидко, щоб не відставати від швидкості зміни клімату [3], утім ареал господарсько-цінних південних видів, з врахуванням їх біоекологічних властивостей, можливо змінити штучно, шляхом цілеспрямованої інтродукції [1]. Важливо відзначити, що інтродукція рослин, які б доповнювали видовий