

11. ДСТУ Б В.2.7-185:2009. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та різномірності зміни об'єму. – К.: Мінрегіонбуд, 2009. – 11 с.
12. ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск. – К.: Мінрегіонбуд, 2009. – 22 с.

Розглянуто та проаналізовано методи використання сфагнового моху у якості сорбенту. Проаналізовано дані в області існуючих досліджень поглинальних властивостей сфагнового моху, особливу увагу приділено його використанню у якості нафтосорбенту. Проведено аналіз досліджень щодо сорбційних властивостей матеріалу та характер його взаємодії із сорбатом. Визначено необхідність встановлення механізму сорбції сфагнового моху

Ключові слова: сорбція, сфагновий мох, структура сорбенту, абсорбція, адсорбція, нафта, нафторозливи, водоочистка

Рассмотрены и проанализированы методы использования сфагнового мха в качестве сорбента. Проанализированы данные в области существующих исследований поглощающих свойств сфагнового мха, особое внимание уделено его использованию в качестве нефтесорбента. Проведен анализ исследований сорбционных свойств материала и характер его взаимодействия с сорбатом. Определена необходимость установления механизма сорбции сфагнового мха

Ключевые слова: сорбция, сфагновый мох, структура сорбента, абсорбция, адсорбция, нефть, нефтеразливы, водоочистка

УДК 001.8:54 – 414 (045)

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.27976

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ СОРБЦІЇ МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ТОРФ'ЯНОГО МХА РОДУ SPHAGNUM

О. Л. Матвєєва

Кандидат технічних наук, професор*

E-mail: mol@nau.edu.ua

Ю. В. Бондарець

Аспірант*

E-mail: Yulya99@ukr.net

*Кафедра екології

Інститут екологічної безпеки

Національний авіаційний університет

пр. Космонавта Комарова, 1,

м. Київ, Україна, 03680

1. Вступ

Безперервний розвиток світової цивілізації, пов'язаний з постійним нарощуванням промислових потужностей, призводить до збільшення антропогенного впливу на навколишнє середовище. Суттєвим аспектом у розгляді даного питання є вплив паливно-енергетичної галузі, а саме процеси транспортування та експлуатації нафти та продуктів її переробки. Постійне зростання обсягів використання нафти та нафтопродуктів (НП) призводить до погіршення якості навколишнього природного середовища. Подібні явища характерні і для України, оскільки практично всі об'єкти, пов'язані з видобуванням, переробкою, зберіганням та використанням НП, є потенційними джерелами забруднення [1].

Відомо, що процеси використання нафти і НП супроводжуються їх втратами внаслідок випаровування, аварійних розливів, промислових скидів забруднених вод тощо, що призводить до забруднення навколишнього середовища та негативного впливу на всі його компоненти. Нафтове забруднення Світового океану найбільш розповсюжене явище. Від 2 до 4 % водяної поверхні Тихого й Атлантичного океанів постійно покрито нафтовою плівкою. У морські води щорічно

надходить до 6 млн.т нафтових вуглеводнів. Майже половина цієї кількості зв'язана з транспортуванням і розробкою родовищ нафти на шельфі. Континентальне нафтове забруднення надходить у океан через річковий стік та функціонування екосистеми [2]. За статистичними даними в Україні щорічно споживається до 10 млн.т. нафти та НП, 0,4 % з яких складають офіційно зафіксовані втрати внаслідок розливів [3].

Але найбільші економічні та екологічні збитки наносяться внаслідок аварійних розливів нафти. Так 11 листопада 2007 р. внаслідок сильного шторму в Керченській протоці в Україні затонули, були викинуті на мілину або пошкоджені 13 суден. У море вилилось щонайменше 1300 т мазуту. Інцидент призвів до людських жертв, майнових втрат та екологічних збитків, загальний розмір яких складає від 25,5 до 28,6 млн. дол. США. Більш за все від розливу нафтопродуктів постраждали рибальство й туристична галузь [4].

Нафта – екологічно небезпечна речовина, яка, потрапивши в компоненти навколишнього середовища (грунт, воду), істотно впливає на всі життєві процеси, що проходять у них. Так потрапивши в ґрунтове середовище, нафта і нафтопродукти знижують дихальну активність і процеси мікробного самоочищення, зміню-

ють співвідношення між окремими групами природних мікроорганізмів та напрямки метаболізму, пригнічують процеси азотфіксації, нітрифікації, руйнування целюлози, зумовлюють нагромадження важкоокислювальних продуктів [5]. Потрапивши на водну поверхню, наприклад, 40 літрів нафти можуть розтікатись на площу до 1 км², утворюючи суцільну нафтову плівку, яка стає перешкодою для нормального газообміну водного середовища: змінюються процеси розчинення і виділення кисню, вуглекислого газу, теплообміну, міняється відбивна здатність (альbedo) морської води. Термін розкладання такого забруднення може досягати 10–12 років [2]. Продукти первинного розкладу НП є набагато сильнішими екотоксикантами від нафтопродуктів. Відомо, що стічні води підприємств нафтохімії зберігають токсичність навіть після шести місяців відстоювання, а в місцях розливів нафти і нафтопродуктів на ґрунт трав'яний покрив не з'являється протягом багатьох років [2, 5].

На сьогодні вже існує велика кількість науко-практичних розробок щодо шляхів зменшення або ліквідації нафтового забруднення, але вирішення даної проблеми залишається вкрай актуальним. Тому необхідність удосконалення широкого спектру матеріалів, які були б особливо ефективними в операціях очищення та видалення нафти із забруднених територій, і могли б варіюватись в залежності від часу, типів нафтопродуктів, розливів, розташування та погодних умов представляє науковий інтерес.

2. Літературний огляд

Серед великої кількості речовин для очищення від нафти і НП найчастіше застосовуються такі як дисперсанти, сорбенти, згущувачі, бони і скімери, що різняться принципом дії [6, 7]. Відомо, що принцип роботи дисперсантів полягає у розріджуванні нафта для пришвидшення її відділення від води шляхом сорбції [8]. На відміну від них, сорбенти вбирають нафту і відокремлюють її від води шляхом адсорбції або абсорбції [6, 7, 9]. Згущувачі (сухі гранульовані гідрофобні полімери) формують згустки твердої маси, які плавають на поверхні води, тим самим усуваючи суцільну нафтову плівку на поверхні води [6]. Бони фізично загороджують нафту, попереджуючи її розтікання на більшу територію з метою локалізації розливу, тоді як скімери використовуються для збирання нафти з поверхні води [10, 11, 7]. Також можуть бути застосовані методи спалення на місці розливу або біодеструкція [6, 12].

Більшість з цих методів застосовуються з метою збору та повернення втрат товарної нафти і НП, для зменшення комерційних збитків (бони, скімери, синтетичні сорбенти) [7]. Проте досить часто залишається поза увагою видалення залишкової кількості нафти та НП з місць розливів. Слід зауважити, що процес очищення від нафтової плівки, та слідів НП є досить складною працемісткою та високовартісною процедурою, проте вкрай необхідною для довкілля. Автори досліджень [6, 13] прийшли до висновків, що найбільш ефективним і екологічно доцільним методом видалення нафтової плівки при ліквідації розливів вважається застосування сорбентів.

У роботі [6] зазначається, що сорбційні матеріали забезпечують можливість збору і повного видалення

нафти в місцях нафторозливів. Застосування сорбентів в місцях нафторозливів полегшує перехід НП від рідкої до напівтвердої фази, після чого їх видалення стає набагато легшим. Відомо, що властивості сорбуючих матеріалів включають гідрофобність, олеофільність, високу поглинальну здатність та високу швидкість поглинання, тривалість зберігання, здатність до нафтовіддачі з сорбенту, можливість його повторного використання та деструкції. Сорбційні матеріали можуть дуже відрізнитись наявністю тих чи інших властивостей, але якщо вони мають хоча б деякі з них, їх можна буде удосконалити.

Відомо, що в якості сорбентів використовують різні штучні та природні матеріали, які мають розвинену чи специфічну поверхню: золи, коксові дрібки, торф, силікагель, алюмогелі, активні глини, пінополістироли та ін. [6, 13, 14]. Всі нафтосорбційні матеріали можуть бути поділені на три основні класи: неорганічні мінеральні речовини, синтетичні органічні речовини і органічні рослинні речовини. Мінеральні речовини включають такі матеріали як цеоліти, силікати, перліт, графіт, вермикуліт, глинисті сорбенти та діатоміт. Синтетичні органічні речовини включають полімерні матеріали (поліпропіленові та поліуретанові піни), які є найбільш часто використовуваними комерційними сорбентами для видалення нафторозливів. Даним сорбентам притаманні відмінні гідрофобні та олеофільні властивості, проте головним недоліком цих матеріалів є їх низька швидкість розкладання у порівнянні з мінеральними та рослинними речовинами. Приклади рослинних органічних речовин (або природних сорбентів) включають соломку, початки кукурудзи, кору, бавовняне волокно [15], шкаралупу волоського горіха [16], коксові дрібки, целюлозні волокна, капок [17], кенаф, молочайні волокна, деревинну стружку та тирсу [18] і торфовий мох [19].

До основних переваг природних адсорбентів відносять доступність, дешевизну, наявність достатніх сировинних ресурсів, нетоксичність та ін., що при практичному використанні може компенсувати їх дещо пониженою нафтоємністю [14]. Проте, аналізуючи сферу промислового виробництва сорбентів та за даними [13] практично єдиною використовуваною природною органічною сировиною для виробництва сорбційних матеріалів є торф. Відходи агро- та деревообробної галузей, незважаючи на великий обсяг наукових розробок, не знайшли практичного застосування. Причиною цього можуть бути низькі, у порівнянні з синтетичними сорбентами, значення нафтоємності, отримані за різними технологіям (не більше 8–10 г/г). Незважаючи на значні запаси торфу в Україні (2302,7 млн. т) [2], він є викопним не відновлюваним ресурсом, а отже не може розглядатися як перспективний матеріал для створення нафтових сорбентів у майбутньому. Крім того, в результаті видобування торфу виникає ряд інших екологічних проблем, пов'язаних із осушенням боліт, внаслідок чого відбувається самозаймання торфу, поширення лісових пожеж та знищення водно-болотних угідь, які відіграють роль «очисних систем» у довкіллі. Тому, на наш погляд, актуальним є пошук та удосконалення альтернативних торфу матеріалів для створення сучасних технологій ліквідації нафтових забруднень.

Проведені дослідження [20] сорбційних властивостей різних природних матеріалів вказують на ви-

значальну роль структури сорбентів при поглинанні як нафти, так і води. Було досліджено, що торф має складну будову, чим обумовлені його фізико-хімічні властивості, а саме залежність сорбційної здатності від його ступеня розкладу та дисперсності. Дослідження з виявлення залежностей сорбційних властивостей торфу від його виду, показали, що найбільшу поглинальну здатність мають зразки малорозкладеного торфу верхнього типу мохової і трав'яної груп, з губчастою та волокнистою структурою, які можна рекомендувати для виробництва нафтосорбентів. Авторами було також встановлено, що з досліджуваних торфів різноманітного видового складу найбільшу сорбційну здатність стосовно води і нафти має малорозкладений торф мохової групи з губчастою структурою, що містить велику кількість рослинних клітин, які не розпалися. Величина нафтопоглинання для цих видів торфу змінюється від 8,9 до 13,8 г/г. При переході до інших видів торфу із середнім (25–35 %) і високим (40–60 %) ступенем розкладу, яким властива дрібнозерниста структура, цей показник зменшується до 4,5 і 1,2 г/г відповідно [20]. Вищевикладене дозволяє припустити, що основну роль у сорбції нафтопродуктів відіграють малорозкладені рештки рослин, зокрема мохоподібних. А значить, доцільним буде звернути увагу на можливість широкого використання в якості нафтосорбентів рослин, які в подальшому стають основою для торфу [1]. Тим більше, що рослини, на відміну від торфу мають відновлюваний характер.

В наукових дослідженнях відомі факти виявлення сорбційних властивостей сфагнового моху та факти використання його (або матеріалу, створеного на його основі) у якості сорбенту [1]. Зважаючи на існування таких даних вважаємо необхідним проаналізувати існуючі розробки на предмет можливості їх широкого використання або напрямків удосконалення.

3. Мета та завдання дослідження

Метою даної роботи є визначення можливості та напрямку удосконалення технології застосування сфагнового моху у якості сорбенту для усунення забруднення від нафти та НП.

Для реалізації поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- проаналізувати існуючі розробки використання у якості сорбенту сфагнового моху;
- визначити властивості сорбційного матеріалу, що створений на основі сфагнового моху та можливість його удосконалення;
- проаналізувати існуючі дані про характер сорбції на досліджуваному матеріалі (типу структури матеріалу).

4. Характеристика існуючих досліджень параметрів сорбції на матеріалі зі сфагнового моху

Дані про використання матеріалу на основі сфагнового моху зустрічаються у досить різних галузях науки та техніки. Варто відмітити широке використання сфагнуму у рослинництві, особливо у якості компонента композиційних субстратів при ви-

рощуванні рослин [21]. Матеріал здатен добре вбирати вологу та утримувати її всередині структури, завдяки чому відбувається рівномірне зволоження субстрату, крім того його структура стає більш пухкою, що здійснює позитивний вплив на розвиток кореневої системи рослини. У медицині та фармацевтиці відмічалось застосування сфагнового моху для створення перев'язувального матеріалу, що має високу здатність до вбирання рідини та антисептичні властивості, також у якості наповнювача для створення одноразових гігієнічних засобів [22–24], ентеросорбентів [25].

При створенні наповнювачів для гігієнічних засобів одноразового використання були проведені дослідження, щодо оцінки сорбційної здатності сфагнового моху відносно рідини. Авторами [24] було встановлено, що мох наступних ботанічних родів *Palustris*, *Acutifolia*, *Rigida*, *Cuspidata*, *Subsecunda* проявляє вищу сорбційну здатність відносно поглинання рідини у порівнянні з іншими видами. Такі закономірності характерні як для води, так і для нафти. Також запропоновано метод оцінки сорбційної здатності матеріалу, який полягає у попередньому визначенні відсоткового співвідношення видового складу сфагнового моху та пропорційно у врахуванні його поглинальної здатності. У роботі увага акцентується на здатності матеріалу на основі моху вбирати та утримувати рідину всередині та впливу видового складу на сорбційну здатність, проте не описується механізм поглинання.

Як показано в роботі [25], мох *Sphagnum fuscum* може бути використаний для створення ентеросорбенту. Стебла та листя моху *Sphagnum fuscum* подрібнюють таким чином, щоб розмір часток не перевищував 0,1–0,3 мм, додають 10 % водний розчин медичного полівініл піролідону, та проводять два послідовних етапи гранулювання. Зазначено, що сорбційна здатність отриманого таким методом ентеросорбенту значно перевищує сорбційну здатність активованого вугілля, яке широко використовується на практиці. Крім того, такий сорбент має низьку токсичність для організму [25]. Проте знову таки відсутні дані про характер взаємодії сорбенту із сорбатом.

Дослідження можливості використання сфагнового моху у якості нафтосорбенту тривають близько 50 років – із середини ХХ століття – і до тепер викликають інтерес науковців.

Відомо [26], що сфагновий мох має здатність до швидкого поглинання нафтопродуктів та утримання їх всередині структури. Вказується, що дана властивість забезпечується специфічною будовою моху, а саме мікроклітинами, які за принципом дії подібні до губки. Також зазначається, що можуть вбиратися пари нафтопродуктів, а процеси десорбції повністю відсутні. В роботі зазначено, що сфагновий мох, який пройшов відповідну модифікацію, набуває сорбційних властивостей, а також здатен активізувати процеси саморозкладання нафтових вуглеводнів.

Американським вченим Петером Білкейем [27] у 2005 р. проводились дослідження щодо поглинальної здатності сфагнового моху та торфу в залежності від розмірів подрібнення. Висушений сфагновий мох або торф подрібнювали до розмірів частинок від 0 до 850 мкм. У роботі зазначається, що найкращі показники сорбційної здатності щодо нафти зафіксовано при подрібненні матеріалу до величини частинок від 0 до

300 мкм (близько 10–14 г/г сорбенту). Цей показник має тенденцію до зниження із збільшенням розміру подрібнення вже від величини фракції 300 мкм до 850 мкм. Дослідження сорбційної здатності матеріалу відносно води мають інший результат: при подрібненні частинок до розміру 180–850 мкм поглинальна здатність складає 10–12 г/г і практично не змінюється, а при розмірах частинок менше 180 мкм – знижується. Автори роботи припускають, що ці факти можуть бути пов'язані із в'язкістю рідини та характером її взаємодії із сорбуючою поверхнею, проте дослідження у цьому напрямку не проводились. Метод обробки досліджуваного матеріалу свідчить про спробу збільшення його адсорбційного потенціалу шляхом збільшення площі поверхні внаслідок подрібнення, а отже про дослідження можливого характеру адсорбції. В роботі встановлено залежність величини поглинання від розміру часток сорбенту, та висунуті припущення щодо можливого впливу на характер взаємодії густини сорбату. Проте, знову ж таки залишається поза увагою механізм сорбції на матеріалі.

Хоча є інші дані щодо характеру сорбції. Так, дослідженнями Е. Бенеса [19] встановлені абсорбуючі властивості сфагнових рослин, проте характер сорбції не досліджувався. Механізм поглинання залишився невідомий, але автор припускає, що це пасивна дифузія через клітинну стінку. У дослідженнях було використано цілі висушені частини рослин, які фіксували забруднення шляхом утримання його всередині структури. Заслуговують уваги деякі отримані результати, зокрема дані про особливий характер клітинної структури моху, яка характеризується двома типами клітин, за рахунок яких і відбувається поглинання та утримання сорбату. Один тип клітин – невеликі фото синтезуючі клітини, які містять хлорофільні речовини. Інший тип – гіалінові клітини, які характеризуються більшим розміром та практично повною відсутністю метаболічних процесів. Оскільки сфагнові мохи не мають розвиненої кореневої системи, функцію поглинання речовин виконують пори на поверхні рослини. Гіалінові клітини виконують запасуючу функцію і можуть містити воду приблизно до 20 разів більше власної ваги. Завдяки наявності в гіалінових клітинах підсилюючих перетинок клітинна структура зберігається і після сушіння моху, завдяки чому зберігається структурна цілісність рослин та забезпечується процес абсорбції. Гіалінові клітини мають згадані вище пори і здійснюють активне заміщення іонів іонами навколишнього середовища. Завдяки фотосинтезу при розпаді води в хлорофільних клітинах утворюються іони H^+ , і за допомогою взаємодії між гіаліновими і хлорофільними клітинами іони опиняються в гіалінових клітинах, де вони можуть бути заміщені на інші позитивно заряджені іони з навколишніх, таких як Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ і Zn^{2+} . Також автор дослідження припускає, що рослини сфагнуму можна використовувати для очищення птахів і морських тварин, які забруднились внаслідок контакту з нафторозливом. Для цього тварин поміщають у контейнер із сухим сфагновим мохом, який абсорбує забруднення і діє як ізолюючий матеріал, захищаючи їх від переохолодження [19].

У 2010 році групою українських вчених [28] було описано окремий випадок перебігу сорбції на

специфічно обробленому матеріалі на основі сфагнового моху [28]. У якості сорбенту нафтопродуктів використовували гранули на основі сфагнового моху *Brachythecium velutinum*. Було створено специфічні інкапсульовані гранули діаметром 0,1 мм, які піддавалися термічній обробці. Вказано, що діаметр макро- і мезопор у гранулах складає відповідно 0,3–0,5 і 0,1–0,25 мкм відповідно. Описано, що процес сорбції нафтопродуктів відбувається шляхом дифузії через мембрану інкапсульованої гранули, а потім шляхом об'ємного заповнення мезопор, куди нафтопродукти потрапляють через макропори. Автори зазначають, що сорбційна здатність створеного матеріалу визначається його структурою, зокрема наявністю пор, розміри яких відповідають розмірам молекул речовини, що сорбується. Проте не вказується чим саме зумовлена пористість структури – характером матеріалу (сфагновий мох) чи методом його підготовки (інкапсуляція гранул).

Інший спосіб отримання сорбенту [29] описує, що підвищення сорбційних властивостей сфагнового моху відносно поглинання нафти відбувається внаслідок термічної обробки, після проведення якої на поверхні сорбенту утворюються воскоподібні речовини. Автори акцентують увагу на тому, що термічна обробка свіжозібраного моху проводиться при температурі 165–170 °С до зміни кольору від світло-зеленого до коричневого. Зміна кольору характеризує зміну властивостей моху: збільшення нафтоємності та набуття гідрофобності за рахунок утворення воскоподібних речовин та зменшується нафтовіддача. Наводиться пояснення, що збільшення нафтоємності відбувається завдяки гідрофобізації поверхні порожнин, пор капілярів (виділеними воскоподібними речовинами), що забезпечує переважне їх змочування неполярними рідинами, зокрема вуглеводнями, за правилом «подібне змочує подібне». Проте досліджень, які б практично підтверджували подібні припущення, не наводиться.

Також існують дані про використання сфагнових мохів у якості абсорбентів для наповнення сорбційних бонів. Таким чином, сфагнові мохи виступають природною сировиною для виготовлення волокнистого матеріалу при наповненні бону. Принцип поглинальної дії волокнистого сорбенту зовсім інший ніж при абсорбції чи адсорбції на пористих матеріалах, оскільки пориста структура таких сорбентів хаотична і може бути змінена в результаті ущільнення, переміщення чи іншого зовнішнього впливу [2].

5. Короткий опис встановлених особливостей

Дослідження щодо можливості та напрямку удосконалення технології застосування сфагнового моху у якості сорбенту для усунення забруднення від нафти та НП показали, що:

- сфагновий мох у висушеному чи модифікованому стані проявляє здатність до вбирання вологи, нафти та нафтопродуктів, органічних речовин, важких металів;
- завдяки відмінним сорбційним властивостям сфагновий мох застосовують у різних галузях науки і техніки (рослинництво, медицина, фармакологія, нафтоочищення);

– переважна кількість наукових досліджень присвячена застосуванню матеріалу щодо поглинання рідини (зокрема води);

– проведені дослідження щодо оцінки поглинальної здатності рідини були зосереджені відносно різних видів біологічних видів сфагнових рослин;

– відсутні системні дослідження щодо механізму дії і характеру сорбції на досліджуваному матеріалі, дослідження мають випадковий характер.

6. Обговорення результатів дослідження

Дослідження сорбційної здатності сфагнового моху щодо поглинання рідини, зокрема води, досить поширені, проте їх характер зорієнтований на визначення родів сфагнових рослин, найбільше здатних до поглинання. Однак такі дані не мають практичного застосування, оскільки сфагновий мох росте на болотах здебільшого у довільних видових комбінаціях, при його зборі для використання у якості сорбенту в промислових масштабах технологічно складно визначити та сортувати його за видовими характеристиками. Вирощування ж окремо взятого роду сфагнового моху значно збільшить економічні затрати на створення технології.

Дослідження в галузі використання сфагнового моху у якості нафтосорбенту обмежувались загальним встановленням факту здатності моху до поглинання вологи та нафтопродуктів. Проте відсутні наукові дані стосовно характеру та механізму сорбції на матеріалі, без розуміння яких є неможливим впровадження і подальше удосконалення даної технології.

З огляду на важливість залежності сорбційної здатності від структури сорбенту, вважаємо доцільним проведення досліджень, що дозволили б установити характер сорбції на матеріалі, до прикладу, дослідити поведінку ізотерми сорбції, яка характеризує залежність

сорбційної здатності від концентрації компоненту, що сорбується, за постійної температури $A = f(C)$ відповідно до теорії класифікації Брунауер, Еммет і Теллер (БЕТ).

7. Висновки

У результаті аналізу існуючих даних про застосування сфагнового моху у якості сорбенту рідини, зокрема нафтопродуктів, було встановлено той факт, що більшість наукових досліджень не дають пояснення характеру та перебігу процесу сорбції на матеріалі.

Були встановлені окремі факти здатності сфагнового моху до поглинання рідин, досліджувалась залежність кількісної характеристики поглинання від методів обробки, а також висувалися припущення щодо можливого механізму сорбції (абсорбція, адсорбція, об'ємне заповнення тощо). Проте відсутні фактичні дані, які б підтверджували теоретичні припущення щодо характеру та механізму сорбції, тому це питання залишається невідомим, а отже потребує проведення наукових досліджень.

Оскільки дослідження щодо використання сфагнового моху у якості нафтового сорбенту мали розрізний та вибірковий характер і не пояснюють механізму дії та характеру сорбції на матеріалі, це не дає змоги систематизувати отримані дані та визначити закономірності сорбції з подальшою оптимізацією використання даного матеріалу в сфері екологічної безпеки.

У процесі обговорення результатів наукового пошуку визначено необхідність проведення подальших досліджень для встановлення характеру та закономірностей сорбції на матеріалі зі сфагнового моху та запропоновано відповідний метод проведення відповідних досліджень.

Результат досліджень може бути застосований у подальшому вивченні сорбційних властивостей сфагнового моху.

Література

1. Бондарець, Ю. В. Аналіз технологій ліквідації нафторозливів із застосуванням сорбентів на основі торфового моху роду *Sphagnum* [Електронний ресурс] / Ю. В. Бондарець, О. Л. Матвеева // Проблеми екологічної біотехнології. – 2013. – № 1. – Режим доступу до журналу : <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/4732>
2. Каменщиков, Ф. А. Нефтяные сорбенты [Текст] / Ф. А. Каменщиков, Е. И. Богомольный. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. – 268 с.
3. Державний статистичний щорічник України за 2012 рік [Текст] / під ред. О. Г. Осауленка. – К.: Державна служба статистики України, 2013. – 552 с.
4. Оцінка потреб України в післяаварійний період. Розлив нафтопродуктів у Керченській протоці в листопаді 2007 р. Короткий огляд звіту [Текст] / Програма ООН з навколишнього середовища. – Європейська Комісія, 2008. – 10 с.
5. Гринчишин, Н. М. Реабілітація ґрунтів, забруднених аварійними виливами нафтопродуктів [Текст] / Н. М. Гринчишин, О. Ф. Бабаджанова // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.7. – С. 43–49.
6. Adebajo, M. O. Porous Materials for Oil Spill Cleanup: A review of Synthesis and Absorbing Properties [Text] / M. O. Adebajo, R. L. Frost, J. T. Klopogge, O. Cambody // Journal of Porous materials. – 2003. – Vol. 10, Issue 3. – P. 159–170.
7. Fingas, M. Oil Spill Science and Technology - Prevention, Response, and Cleanup [Text] / M. Fingas. – USA.: Elsevier, 2010. – 1192 p.
8. Chandrasekar, S. Dispersant effectiveness on oil spills - impact of salinity [Text] / S Chandrasekar, G. A. Sorial, J. W. Weaver // ICES Journal of Marine Science. – 2006. – Vol. 63, Issue 8. – P. 1418–1430. doi: 10.1016/j.icesjms.2006.04.019
9. Задвернюк, Г. П. Поглинання нафти і нафтопродуктів глинами Черкаського родовища [Електронний ресурс] / Г. П. Задвернюк // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. – 2011. – Вип. 19. – С. 109–114. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/32262>

10. Соловьев, В. И. Применение сорбирующих бонов для ликвидации и профилактики нефтяного загрязнения [Текст] / И. В. Соловьев, В. В. Губанов, Г. А. Кожанова, Т. В. Гудзенко, Н. В. Семина // *Екологічні проблеми Чорного моря*. – Одеса: ОЦЕГШ, 2002. – 327 с.
11. Vincent Wong, K.-F. Oil spill boom design for waves [Text] / K.-F. Vincent Wong, H. O. Stewart // *Spill Science and Technol.* – 2003. – Vol. B 8, Issue 5-6. – P. 543–548. doi: 10.1016/s1353-2561(03)00129-4
12. Антонюк, С. І Перспективи використання поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 для деградації нафтових забруднень [Текст] / С. І. Антонюк, Т. П. Пирог, А. І. Сорокіна // *Харчова промисловість*. – 2009. – № 8. – С. 8–11.
13. Веприкова, Е. В. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей [Текст] / Е. В. Веприкова, Е. А. Терещенко, Н. В. Чесноков и др. // *Jornal of Siberian Federal University. Chemistry*. – 2010. – № 5. – С. 285–304.
14. Сироткина, Е. Е. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов [Текст] / Е. Е. Сироткина, Л. Ю. Новоселова // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2005. – № 13. – С. 359–377.
15. Pat. WO 2013/140420, IPC B 01 J 20/24 (2006.01), B 01 D 17/02 (2006.01), B 01 J 20/26 (2006.01), B 01 J 20/28 (2006.01), B 01 J 20/30 (2006.01), C 02 F 1/28 (2006.01), C 02 F 101/32 (2006.01). Hydrocarbon absorbing materials and a process for the preparation thereof [Text] / Zope I. S., Joshi V. S., Venugopalan P., Hambir S. S. – applicants Council of Scient. and Ind. Res., Anusandhan Bhawan 2 Rafi Marg New Delhi. – № 2013/000179; application date 19.03.2013; publication date 26.09.2013; publication number 2013/140420.
16. Карножицький, П. В. Перспективи використання шкаралупи волоського горіха в якості адсорбенту для очищення води від нафтопродуктів [Текст] / П. В. Карножицький, М. В. Жиліна, Л. П. Свіренко, О. В. Хандогіна // *Коммунальное хозяйство городов*. – 2010. – № 95. – С. 73–77.
17. Lim, T.-T. Evaluation of hydrophobicity/oleophilicity of kapok and its performance in oily water filtration: Comparison of raw and solvent-treated fibers [Text] / T.-T. Lim, X. Huang // *Chemosphere*. – 2007. – Vol. 66, Issue 5. – P. 955–963.
18. Пат. 72785 Україна, МПК С 02 F 103/00 (2006.1). Спосіб очищення нафтовмісних стічних вод [Текст] / Павлюх Л. І., Бойченко С. В. – власник патенту Нац. авіа. ун-т. – № u 2012 02438; заявл. 01.03.12; опубл. 27.08.12. – Бюл. № 12.
19. Пат. 2183501 Российская Федерация, МПК 7 В, 7 В 01 J. Сорбенты, содержащие сфагнум [Текст] / Бенес Э. – № 98104470/12; заявл. 23.08.96; опубл. 20.06.02, номер публ. 02183501.
20. Пастухова, Н. О. Сорбенти на основі торфу [Текст] / Н. О. Пастухова, О. В. Пастухов // *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць*. – 2007. – № 4 (40), Ч. 3. – С. 146–152.
21. Pat. WO 2003082536, IPC A 01 G 9/02, B 27 N 5/02, B 30 B 11/04, B 30 B 15/30. Method and apparatus for productind plant container liners particularly from sphagnum moss [Text] / Just P., Valor L. – applicants Just P., Valor L., The Christian church community trust. – № PCT/NZ2003/000054; application date 31.03.03; publication 09.10.03; publication number WO/2003/082536.
22. Pat. 199407463 ZA. Sphagnum moss composition for the production of sheeted absorbent and method for evaluating the potential of sphagnum moss material for absorbing liquid [Text] / Levesque Y., Cote S., Gallagher D. – applicants Johnson and Johnson Inc. – № 1994/0746; application date 23.09.94; publication date 29.05.96 ; publication number 1994/07463.
23. Pat. 94001178. [Text] / Berdnikov V.S. – Tampon, 1996.
24. Pat. 5718697 US, IPC A 61 F 13/20, B 01 J 20/26, A 61 F 13/53, B 32 B 9/02, A 61 F 13/15, B 01 J 20/22, A 61 F 13/49, B 32 B 5/02, B 01 J 20/24. Liquid absorbent sphagnum moss article and method for manufacturing the absorbent article [Text] / Gaetan C., Martin R. – applicants Johnson and Johnson Inc. – № 08572376; application date 14.12.95; publication date 17.02.98; publication number 5718697.
25. Pat. 02391998. Enterosorbent of plant origin and its production method [Text] / Dmitruk, S. E., Babeshina L. H., Kelus N. V. – 2010.
26. Ивасишин, П. Л. Ликвидация последствий разливов нефти посредством биоразлагающих сорбентов [Текст] / П. Л. Ивасишин // *Нефтяное хозяйство*. – 2009. – № 5. – С. 112–113.
27. Pat. 6890651 (US20040161606) US, IPC C 08 H 5/00, C 10 F 7/00, C 10 F 7/02, B 32 B 5/66, C 08 L 99/00, B 01 J 20/22, B 01 J 20/24 . Water- and oil-absorbent medium comprising milled sphagnum, sphagnum moss, and/or sphagnum peat [Text] / Bilkey P. C. – applicants AgResearch International, Inc. – № 10411721; application date 11.04.03; publication date 19.08.04; publication number 20040161606.
28. Пат. 49293 Україна, МПК С 02 F 1/40, Е 02 В 15/04. Спосіб очистки води від нафтопродуктів [Текст] / Михалевська Т. В., Фокін А. В., Франчук Г. М., Крамаренко Р. М., заявник і патентовласник Нац. авіац. ун-т. – № u200911148; заявл. 03.11.09 ; опубл. 26.04.10, Бюл.№8.
29. Пат. 02286208 Российская Федерация, МПК В 01 J 20/24. Способ получения сорбента для очистки от нефти твердых и водных поверхностей [Текст] / Зонова Л. Д., Горелов В. В., Басов В. Н., Ходяшев М. Б., Балков В. А. – № 2004133934/15; заявл. 23.11.04; опубл. 27.10.06, номер публ. 02286208.