

UDC 544.723

<https://doi.org/10.15407/kataliz2021.31.075>

Дослідження впливу природи матеріалів органічного походження на видалення нафти з поверхні води

І.В. Бачерикова¹, С.Б. Гриненко¹, Л.С. Кузнецова¹, В.О. Зажигалов¹, О.В. Бачеріков²¹Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України, Київ, 03164,
вул. Генерала. Наумова, 13, vazazh@ukr.net²НВП «Нафтогазовий центр», Київ, 03187, вул. Теремківська, 5, aribach@ukr.net

Досліджено властивості деяких матеріалів органічного походження в процесі поглинання нафти з поверхні води. Показано, що доступні матеріали, такі як технічна вата та синтепон можуть бути використані в якості ефективних сорбентів для видалення нафти з поверхні водної акваторії. Просте механічне відтискування сорбентів дозволяє повернути частину поглиненої нафти для її подальшого використання. Встановлена залежність сорбційних параметрів (маса поглиненої нафти, питома нафтопоглинання, повернення нафти та селективність поглинання нафти) та видалення нафти від кількості циклів поглинання-відтискування. Визначено, що кількість поглиненої нафти зменшується в кожному наступному циклі, хоча кількість поверненої нафти в процесі механічного відтискування при цьому збільшується. Регенерація сорбентів, шляхом промивання їх в бензині дозволяє практично повернутися на первинні показники по адсорбції нафти з поверхні води. Виготовлено сорбційні елементи у вигляді мішечків з полотна заповнених даними матеріалами. Встановлено залежність кількості видаленої нафти даними сорбційними елементами від часу проведення процесу очищення водної акваторії та визначені оптимальні параметри видалення нафти з поверхні води. Показано, що сорбційні елементи на основі цих матеріалів мають значення нафтопоглинання, яке дорівнює 14-16 г нафти/г сорбента при селективності поглинання нафти вище 70 % та ступені повернення нафти вище 80 % та можливості їх багаторазового використання в процесі ліквідації розливу нафти. Одержані позитивні результати по видаленню нафти з поверхні води дозволяють рекомендувати в екстрених випадках для ліквідації розливів нафтопродуктів успішно використовувати наявні та доступні вироби, такі як фуфайки, ковдри, куртки та ін. Гідрофобізація сорбційних елементів дозволяє покращити їх показники в процесі видалення нафти з поверхні водної акваторії. Результатом модифікації адсорбційних елементів є збільшення маси поглиненої нафти та нафтопоглинання, з одночасним збільшення кількості поверненої нафти для подальшого її використання та селективності поглинання нафти з води. Встановлено, що синтезовані сорбційні елементи не поступаються відомим промисловим сорбентам для видалення нафти.

Ключові слова: видалення нафти з поверхні води, адсорбційна здатність, технічна вата, синтепон

Вступ

Видобування, транспортування та промислового переробка нафти зв'язані з можливими розливами нафти та нафтопродуктів, що веде до забруднення навколишнього середовища. Вважається, що близько 5% видобутої нафти втрачається при її зберіганні та транспортуванні. При цьому найбільшу шкоду приносять розливи нафти при аваріях на нафтоналивних судах [1-3]. Відомо, що 1 літр нафти лишає кисню близько 40 м³ води, а 1 тонна нафти забруднює до 12 км² водної акваторії. В цих надзвичайних умовах страждають як люди, так і флора і фауна, тому час ліквідації наслідків аварії має вирішальну роль.

На сьогодні до 20 % забруднень нафтопродуктами видалається малоефективним механічним методом, біля 30 % – шляхом застосування сорбційних матеріалів, а інші – не ліквідуються взагалі. Процес ліквідації аварійного розливу нафти умовно може бути поділений на три стадії: і) локалізація розливу, ii) збір та видалення

нафтопродукту, iii) транспортування зібраного продукту на переробку, або його утилізація. Резерв часу для ліквідації аварійного розливу нафти, без нанесення суттєвої шкоди навколишньому середовищу, залежно від погодних умов, становить 24-72 год, тому на нашу думку, оптимальним є комплексне застосування механічного та сорбційного методів, а в подальшому, використання фільтрації, фотоокиснення чи біодеградації. Остання, при всій її привабливості, потребує значного часу, який рахується не годинами, а днями та місяцями, а також: не забезпечує повне знешкодження нафти та може супроводжуватися утворенням проміжних токсичних сполук [4-6].

Сорбенти, які використовують для ліквідації забруднень нафтопродуктами мають відповідати наступним основним вимогам: і) висока сорбційна ємність до нафтопродуктів, ii) низьке водопоглинання, iii) можливість регенерації адсорбованого продукту та сорбенту, iv) пливучість, v) низька вартість сорбенту та технологічність його

*Пам'яті С.Б. Гриненка

ISSN 2707-5796. Kataliz ta naftohimia. 2021, 31

виготовлення і утилізації. В свою чергу сорбенти можуть бути поділені на природні органічні та неорганічні і синтетичні органічні та неорганічні матеріали. Зрозуміло, що вартість останніх перевищує ціну перших, однак, наявність переваги по іншим вимогам до сорбентів (див. вище та табл. 1) та швидкість їх дії, часто, можуть компенсувати цей фактор.

Зрозуміло, що при виборі сорбенту відіграють роль багато факторів. В першу чергу, це раціональність застосування, під якою слід розуміти як розміри забруднень нафтопродуктами, їх щільність, необхідний час ліквідації, так і наявність необхідної кількості сорбентів поблизу місця аварії (враховуючи час та витрати на їх транспортування), наявність чи необхідність виготовлення. При цьому, не останню роль відіграють сорбційна ємність, можливість регенерації та утилізації сорбенту на місці (або поблизу) розливу нафтопродуктів. Зважаючи на це, можна відразу сказати, що такі суперемнісні сорбційні матеріали, як терморозширений чи модифікований графіт та графен (табл. 1), які окрім високої ціни, потребують спеціального місця виготовлення та

транспортування, мабуть, не знайдуть широкого застосування на практиці. Ця ж проблема стосується інших модифікованих (комбінованих) сорбентів, в тому числі і карбонізованих матеріалів. Одночасно, слід зауважити, що вуглецеві сорбенти, як в натуральному вигляді, так і модифіковані, взагалі, не рекомендуються для використання на водних акваторіях [2, 6, 7, 12, 14].

Слід відзначити, що на сьогодні існує ряд промислових сорбентів (розробки різних країн), які пропонують в якості товарних продуктів для ліквідації нафтових забруднень з поверхні акваторії. Властивості деяких з них, які представлені в літературі, наведені в табл. 2. На превеликий жаль, пропозиції багатьох фірм розробників чи поставщиків носять рекламний характер без наведення конкретних даних, тому оцінити дійсні питомі властивості (нафтопоглинання, г/г) сорбентів неможливо. Так, наприклад, у двох останніх рядках табл. 2 (компанія 3М) представлені дані по нафтопоглинанню на одиницю фізичної поверхні сорбенту, яка контактує з поверхнею забрудненої акваторії (товщина листового сорбенту чи в вигляді подушки на жаль не представлена).

Таблиця 1. Властивості деяких сорбентів по відношенню до ліквідації забруднень нафтою

Сорбент	Нафтопоглинання, г/г	Водопоглинання, г/г	Повернення нафти, %
Природні органічні сорбенти			
Солома пшенична (січка) [7]	4,1	4,3	36
Лузга гречки [7]	3,5	2,2	44
Тирса деревна [7]	1,7	4,5	15
Модифікована тирса [8]	28	-	-
Торф [7]	17,7	24,3	74
Карбонізований торф [9]	15,7	1,5	-
Кам'яне вугілля, дроблене [10, 11]	1,0	0,2	0
Буре вугілля, дроблене [7, 10]	0,8	0,2	0
Синтетичні органічні сорбенти			
Пінополістирол, гранули [7]	9,3	4,5	0
Пінополістирол, волокно [7]	12,0	11,5	80
Поліуретанова губка [11]	30,0	-	-
Фенолформальдегідна смола, порошок [7]	4,4	14,6	0
Поролон [7, 12]	35	25	75
Лавсан [7]	14,1	13,9	70
Природні неорганічні сорбенти			
Пісок [10]	0,3	-	-
Каолін [10]	0,5	-	-
Глина [10]	0,8	-	-
Синтетичні неорганічні сорбенти			
Вспінений нікель [7, 13]	2,9	3,0	0
Графіт, модифікований [7]	40,0	20,0	10
Графіт, терморозширений [13]	40,0	-	-
Базальтове волокно, модифіковане [7]	37,0	0,5	27
Графен, губка [11]	85	0,1	-

Таблиця 2. Властивості деяких промислових сорбентів

Сорбент	Матеріал	Нафтопоглинання, г/г	Водопоглинання, г/г	Повернення нафти, %
ПітСорб (Канада) [7]	Торф	6-7	1,6	0
ТурбоДжет (Франція) [7, 15]	Торф	3,6	2,0	0
Лессорб (Росія) [7, 14]	Мох, торф	9-11	3,6	66
ЕМ (США) [7]	-	9-10	3-4	35
Сібсорбент (Росія) [15]	Торф, сапропель	2-4	0,5	10
Nature Corby (Канада) [9]	Торф	15,7	1,24	0
IRVELEN (Росія) [7]	Поліпропілен (волокно)	12-25	5-8	70
Еколан (Росія) [15]	Продукт піролізу деревини	8	0,05	-
3М (США), Petroleum Sorb. Pad [16]*	-	35,4	-	-
3М (США), Chem. Sorb. Pillow P-300 [16]*	-	65,6	-	-

*Дані представлені в мл/см² поверхні сорбенту, яка контактує з поверхнею акваторії

Слід відмітити, що застосування сорбентів у вигляді порошків, гранул та подрібнених твердих частинок практично виключає можливість повернення поглиненої нафти в подальшу переробку та повторне використання сорбенту, а в ряді випадків, веде до забруднення дна водоймища. Для більшості неорганічних сорбентів існує ще одна проблема, пов'язана з їх утилізацією, тоді як органічні матеріали можуть бути використані для одержання тепла шляхом спалення в топці.

Таким чином, для багаторазового використання більш перспективними є волокнисті сорбенти, які можуть бути сформовані у вигляді листів, матів та ін. форм з обв'язкою з тканин чи нетканих матеріалів [2, 3, 12, 14, 17, 18]. Завдяки своїй пружності та міцності вони можуть бути використані з багаторазовим відтискання поглиненої нафти та після відпрацювання декількох циклів утилізовані шляхом звичайного спалення в топці.

В даній роботі було досліджено зразки порівняно дешевих та доступних біля місця аварій волокнистих матеріалів, які існують на ринках України, а саме: мішківина льняна, вата технічна та синтепон. Вата і мішківина складаються з натуральних целюлозних волокон, які представляють собою полісахаридні ланцюги великої молекулярної маси. Синтепон складається із синтетичних поліетилентерефталатних волокон. Для зменшення водопоглинання цими сорбентами було досліджено також вплив їх гідрофобізації на здатність до видалення нафти з поверхні води.

Експериментальна частина

В якості сорбентів в даному дослідженні були використані: вата технічна, синтепон та мішківина

льняна. Сорбенти використовували як в первинному вигляді, так і після їх модифікації силіконовою рідиною ГКЖ-94. При модифікуванні ГКЖ-94 етилгідрополісілоксан розчиняли в гексані і цим розчином просочували зразки волокнистих сорбентів. Після повного висушування на повітрі зразки прогрівали у сушильній шафі при 110 °С протягом 2 год.

Випробування поглинаючої здатності одержаних сорбентів проводили з використанням легкої нафти Бориславського родовища. Ця нафта являє собою рідину темно-коричневого кольору та має густину 0,781 кг/л при 20 °С.

Сорбційну ємність матеріалів визначали використовуючи скляний кристалізатор діаметром 30 см, в який наливали 1,5 л води і зверху - 200 мл нафти. Таким чином, товщина шару нафти (без врахування можливого часткового розчинення) на поверхні води складала 4,2 мм. На поверхню клали попередньо зважений на аналітичній вазі зразок сорбента і витримували до повного просочення 5-6 хв. Зразок матеріалу, просочений нафтою, після скапування надлишку нафти, що не утримується поверхнею та об'ємом тканини, повторно зважували.

На основі цих зважувань визначали кількість нафти, що утримується випробуваним матеріалом. Поглинання нафти випробуваним матеріалом (Е, г/г) підраховували за формулою:

$$E = (m_2 - m_1) / m_0 \quad (1),$$

де: m_0 - початкова маса зразку сухого матеріалу, г;
 m_1 - маса зразку матеріалу перед черговим зануренням в шар нафти на воді, яка в першому випробуванні дорівнює m_0 , г;

m_2 - маса цього зразку, просоченого нафтою після виймання з шару нафти на воді, г.

Для проведення циклічних випробувань того ж самого зразку його старанно відтискували, зважували і знову занурювали в шар нафти на воді. Відтиснуту суміш нафти з водою зливали в мірний циліндр та після її розшарування визначали об'єми поглинутої нафти та води. Кількість відтиснутої нафти розраховували виходячи з її густини. Селективність поглинання нафти (%) визначали за формулою:

$$S = [V_{\text{нафти}} / (V_{\text{нафти}} + V_{\text{води}})] \cdot 100 \quad (2),$$

де: $V_{\text{нафти}}$ - об'єм нафти, мл, $V_{\text{води}}$ - об'єм води, мл.

Для відновлення сорбуючої властивості після багаторазових циклів сорбції-відтискання зразок два рази прополіскували неетильованим бензином і висушували.

Результати дослідження та їх обговорення

Для первинних досліджень адсорбційної здатності матеріалів використовували оригінальні зразки мішковини льняної і синтепону розмірами 5 x 5 см. Приблизно такого ж розміру брали фрагмент технічної вати. Результати дослідження даних сорбентів в перших трьох послідовних циклах поглинання-відтискання нафти представлені в табл. 3.

Як можна побачити з таблиці 3, для всіх сорбентів спостерігається зменшення кількості поглиненої нафти в кожному послідовному циклі у порівнянні з першим дослідом. При цьому, технічна вата має більші значення маси поглиненої нафти навіть після трьох послідовних операцій сорбція-відтискання, ніж два інші сорбенти на початковому етапі.

Слід відмітити, несподівано низьке значення нафтопоглинання для синтепону, яке в декілька разів менше, ніж було наведено в літературі [7]. Всі досліджені сорбенти демонструють високий ступень повернення поглиненої ними нафти.

Одночасно, звертає на себе увагу той факт, що в другому та третьому циклі, для технічної вати та льняної мішковини, кількість відтисненої нафти переважає кількість поглиненої нафти, що може бути пов'язано з виділенням частки нафти, яка залишається в сорбенті після відтискання.

Взагалі, звертає увагу на себе той факт, що ці прості сорбенти демонструють високе значення по поглинанню нафти (маса та питома значення) після декількох циклів їх простої регенерації шляхом відтиснення. Хоча, при цьому після кожного циклу ці значення знижуються (наприклад, технічна вата, рис. 1).

В зв'язку з цим, після 4-го циклу поглинання-відтискання нами були проведені досліді по регенерації сорбентів шляхом промивання їх в бензині (див. експериментальну частину). Результати, одержані на регенованих сорбентах представлені в табл. 4. Співставлення результатів, представлених в табл. 4 та табл. 3 показує, що регенерація сорбентів шляхом їх промивання в бензині практично відновлює їх сорбційні показники, як по кількості поглиненої нафти, так і по поверненню нафти в процесі її можливої подальшої переробки. Слід також відмітити, що в випадку синтепону промивання бензином веде до покращення його характеристик у порівнянні з вихідним зразком матеріалу.

Для подальших досліджень були виготовлені з льняної мішковини мішечки розмірами 6 x 12 см, які

Таблиця 3. Сорбція нафти волокнистими сорбентами

№№ операції	Маса поглиненої нафти, г	Маса відтисненої нафти, г	Нафтопоглинання, г/г	Повернена нафта, %
Вата технічна				
1	13,84	10,40	12,36	75
2	12,15	12,53	10,05	103
3	8,82	9,03	7,88	102
Разом	34,81	31,96	30,29	92
Синтепон				
1	12,28	10,60	17,06	86
2	11,10	9,68	15,42	87
3	7,68	7,22	10,66	94
Разом	31,06	27,50	43,14	89
Мішквина льняна				
1	3,85	3,37	3,81	88
2	3,37	3,44	3,33	102
3	3,03	3,11	3,00	103
Разом	10,25	9,92	10,14	97

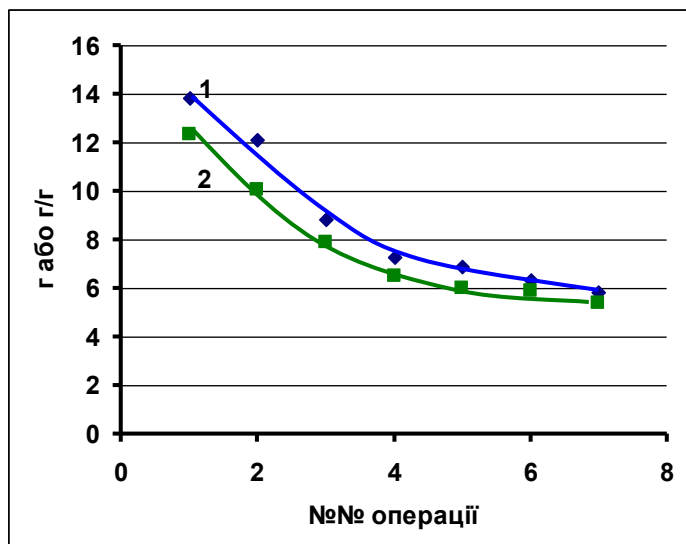


Рис. 1. Маса поглиненої нафти (1) та нафтопоглинання (2) для технічної вати залежно від кількості операцій.

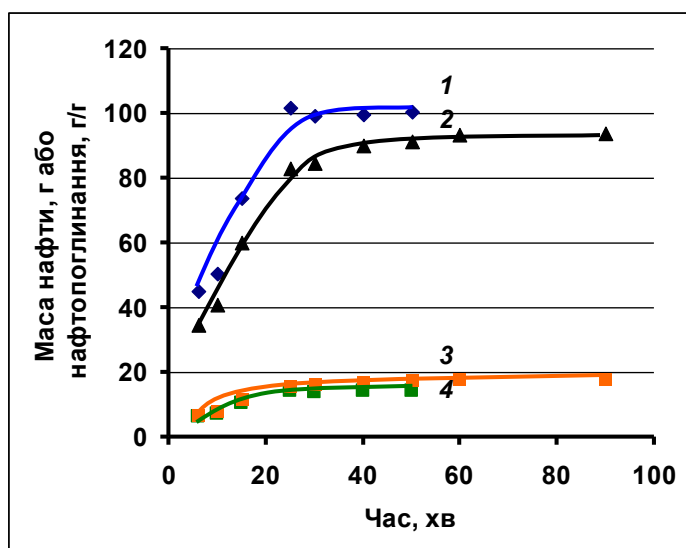


Рис. 2. Залежність кількості поглиненої нафти (1, 2) та нафтопоглинання (3,4) від часу поглинання нафти сорбційними елементами з технічною ватою (1, 4) та синтепоном (2,3).

заповнювали технічною ватою та синтепоном (декілька шарів). Після заповнення мішечки були прошиті точково нитками. Подібні елементи можуть імітувати промислові сорбенти для видалення нафти. Результати досліджень цих зразків при видаленні нафти з поверхні води представлені в табл. 5. Як можна побачити збільшення кількості сорбенту (в сорбційному елементі – мішечку) веде до відповідного збільшення кількості поглиненої та відтисненої нафти, при цьому співвідношення між ними залишається практично таким, як для вихідних зразків сорбентів (табл. 3). Регенерація відновлює показники до значення, характерного для вихідних сорбційних елементів.

В той же час, співставлення даних, представлених в табл. 5 та 3 показує, що для сорбційних елементів (табл. 5) спостерігається суттєво нижче значення нафтопоглинання (г/г), ніж для самих сорбентів (табл. 3). Це може бути пов'язано з тим, що за час проведення операції поглинання нафти з поверхні води не відбувається повне просочення елемента нафтою. Аналогічний факт було зафіксовано в [14] та в роботах [7, 11, 13] показано залежність сорбції від часу проведення нафтопоглинання та товщини шару сорбенту. В зв'язку з цим, нами було проведено експерименти з встановлення залежності сорбції нафти від часу проведення операції поглинання нафти. Результати цього експерименту представлено на рис. 2.

Як можна побачити з даних рис. 2, збільшення часу операції поглинання нафти дійсно веде до збільшення поглиненої сорбційним елементом нафти та значення нафтопоглинання. Нафтопоглинання сорбційних елементів досягає значень характерних для самих вихідних матеріалів (табл. 3). При цьому, для елемента з технічною ватою через 25-30 хв досягається насиченість сорбенту нафтою та в подальшому спостерігається постійність значень кількості поглиненої нафти та нафтопоглинання, в той час як для елемента з синтепоном практична постійність цих параметрів спостерігається після 60 хв поглинання нафти. Дана різниця у властивостях цих сорбційних елементів може бути пов'язана, як з кінетикою сорбції нафти на матеріалах, так і з різною товщиною та щільністю шарів матеріалу в сорбційному елементі.

В подальшому було проведено гідрофобізацію сорбційних елементів шляхом просочення їх ГКЖ-94, відповідно до викладеного в експериментальній частині. Дослідження сорбційних властивостей було проведено при контакті сорбційного елемента з поверхнею нафти на воді протягом 30 хв. Для наступного дослідження по адсорбції нафти після віджимання з сорбційного елемента поглиненої нафти використовували відновлену початкову кількість нафти на поверхні води. Результати дослідження представлені в табл. 6. Як можна побачити з даних табл. 6, гідрофобізація сорбційного елемента веде до збільшення маси поглинутої нафти як і нафтопоглинання при одночасному збільшенні ступеня повернення нафти в процес її подальшої переробки та селективності поглинання нафти, тобто зменшує кількість адсорбованої води в процесі очищення водної акваторії. У випадку застосування сорбційних елементів з синтепоном підвищення цих параметрів видалення нафти зростає в більшому ступені ніж для елементів з технічною ватою, хоча, слід відмітити, що загалом їх показники достатньо близькі.

Таблиця 4. Сорбція нафти волокнистими сорбентами після їх регенерації

№№ операції	Маса поглиненої нафти, г	Маса відтисненої нафти, г	Нафтопоглинання, г/г	Повернена нафта, %
Вата технічна				
1	12,86	9,40	11,48	73
2	11,33	11,41	10,11	101
3	8,04	8,21	7,18	102
Разом	32,23	29,02	28,77	90
Синтепон				
1	12,42	9,94	16,78	70
2	11,50	10,56	15,54	92
3	9,58	9,08	12,94	95
Разом	33,50	29,58	45,24	88
Мішкочина льняна				
1	3,44	2,15	3,41	63
2	3,39	3,58	3,36	106
3	2,91	3,02	2,88	104
Разом	9,74	8,75	9,65	90

Таблиця 5. Сорбція нафти елементами наповненими технічною ватою та синтепоном

№№ операції	Маса поглиненої нафти, г	Маса відтисненої нафти, г	Нафтопоглинання, г/г	Повернена нафта, %
Вата технічна				
1	44,90	31,97	6,32	71
2	29,36	30,53	4,11	104
3	25,85	27,16	3,64	105
4	24,62	29,80	3,47	121
Разом	124,73	119,46	17,54	96
Сорбційний елемент після регенерації бензином				
1	44,13	29,90	6,42	68
Синтепон				
1	34,74	23,78	6,68	68
2	28,16	25,26	5,42	90
3	24,30	24,50	4,68	101
4	22,24	22,54	4,28	101
Разом	109,44	96,08	21,06	88
Сорбційний елемент після регенерації бензином				
1	34,24	20,06	6,58	60

Таблиця 6. Сорбція нафти елементами наповненими технічною ватою та синтепоном після їх гідрофобізації

№№ операції	Маса поглиненої нафти, г	Нафтопоглинання, г/г	Повернена нафта, %	Селективність по нафті, %
Вата технічна, вихідний зразок				
1	99,02	13,94	82	74
Вата технічна, гідрофобізована				
1	103,62	14,59	97	82
3	95,14	13,39	94	89
Синтепон, вихідний зразок				
1	85,23	16,38	89	73
Синтепон, гідрофобізований				
1	99,30	19,08	95	85
3	96,60	18,56	98	96

Висновки

Таким чином, в роботі показано, що сорбційні елементи на основі технічної вати та синтепону, дешевих та доступних матеріалів можуть бути ефективними при ліквідації забруднень поверхні водної акваторії нафтою як у первинному вигляді, так і після їх гідрофобізації ГКЖ-94. В екстрених випадках в якості сорбційних елементів можуть бути використані підручні вироби, фуфайки, ковдри, куртки та ін. Показано, що дані сорбційні елементи можуть бути використані багаторазово, після відтискання з них поглиненої нафти. При цьому кількість поверненої нафти при відтисканні, яка може бути використана для подальшої переробки сягає 70 % від її поглиненої кількості. При багаторазовому використанні сорбційних елементів може бути видалено більше ніж 75 % від кількості нафти, яка знаходиться на поверхні водної акваторії. Гідрофобізація сорбційних елементів покращує їх технологічні параметри. По значенню нафтопоглинання та поверненню нафти дані сорбційні елементи не поступаються багатьом запропонованим сорбентам) та відомим промисловим зразкам.

Література

1. Воробьев Ю.Л. *Предупреждение и ликвидация аврийних разливов нефти и нефтепродуктов*. М.: ИРБ (Ин-т риска и безопасности). 2007. 375 С. ISBN 5896350554
2. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. *Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта*. М.-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований. 2006. 528 С. ISBN 5-93972-507-4
3. Fingas M. *Oil spill science and technology*. Elsevier: *Gulf Prof. Publ.* 2017. 1078 P. ISBN:9780128094136.
4. Wang Q., Zhang S., Li Y., Klassen W. *Potencial approaches to improving biodegradation of hydrocarbons for bioremediation of crude oil pollution*.

J. Environ. Protection. 2011. v. 2. N 1. pp. 47-55. DOI: 10.4236/jep.2011.21005

5. Ahmed F., Fakhrudin A.N.M. *A review on environmental contamination of petroleum hydrocarbons and its biodegradation*. *Int. J. Environ. Sci. Nat. Res.* 2018. v. 11. N 3. pp. 63-69. DOI: 10.19080/IJESNR.2018.11.555811.

6. Mohammadi L., Rahdar A., Bazrafshan E., Dahmardeh H., Susan M.A.B.H., Kyzas G.Z. *Petroleum hydrocarbon removal from wastewaters: A review*. *Processes*. 2020. v. 8. N 447. pp. 1-34. DOI: 10.3390/pr8040447.

7. Веприкова Е.В., Терещенко Е.А., Чесноков Н.В., Щипко М.Л., Кузнецов Б.Н. *Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей*. *J. Siberian Federal University. Chemistry*. 2010. v. 3. N 3. pp. 285-304.

8. Soliman E.M., Ahmed S.A., Fadl A.A. *Adsorptive removal of oil spill from sea water surface using magnetic wood sawdust as a novel nanocomposite synthesized via microwave approach*. *J. Environ. Health Sci. Eng.* 2020. v. 18, N 1. pp. 79-90.

9. Rotar O.V., Iskrizhitskaya D.V., Iskrizhitsky A.A., Oreshina A.A. *Cleanup of water surface from oil spills using natural sorbent materials*. *Procedia Chem.* 2014. v. 10. N 1. pp. 145-150. DOI: 10.1016/j.proche.2014.10.025

10. Карманова Е.Н., Калинина Е.В. *Ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов с твердых поверхностей модифицированными отходами содового производства*. *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. 2018. № 4. С. 53-60. DOI: 10.15593/24111678/2018.04.06

11. Shiu R.F., Lee C.L., Hsieh P.Y., Chen C.S., Kang Y.Y., Chin W.C., Tai N.H. *Superhydrophobic graphene-based sponge as a novel sorbent for crude oil removal under various environmental conditions*.

Chemosphere. 2018. v. 207. pp. 110-117. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.05/071

12. Самойлов В.А., Хлесткин Р.Н., Шеметов А.В., Шаммазов А.А. *Сорбционный метод ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов*. М.: Химия. 2001. 189 с.

13. Темирханов Б.А., Султыгова З.Х., Саламов А.Х., Альгиева А.М. *Новые углеродные материалы для ликвидации разливов нефти. Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-2. С. 471-475. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30015>

14. Use of sorbent materials in oil spill response. Techn. Inform. paper. ITOPF Ltd. London. UK. Интернет ресурс: www.itopf.org/uploads/TIP_8_2012_FINAL.pdf.

15. Якубовский С.Ф., Булавка Ю.А., Попкова Л.А., Писарева С.С. Сорбционные свойства природных целлюлозо- и лигнинсодержащих отходов для сбора проливов нефтепродуктов. *Вестник Полоцкого государственного Университета, Сер. В*. 2013. с. 110-115.

16. Sorbent oil spill. 3M Company. Интернет ресурс: www.3m/Company US/Sorbents.

17. Дмитриева З.Т., Соснина С.В., Зайцев А.В. Адсорбент для очистки поверхности воды и почвы от нефти и нефтепродуктов. Патент РФ № 2036719 (B01J20/24, C02F1/28). Институт химии нефти СО РАН. Оpub. 09.06.1995.

18. Усенкова Н.П., Бачерникова С.Г., Михалькова А.И., Пузанова Н.П. *Технология ликвидации разливов нефтепродуктов на основе нетканого сорбента*. Нефтяное хозяйство. 2003. № 2. С.95-97.

References

1. Vorob'ev Yu. L. *Preduprezhdenie I likvidatsiya avariynych razlivov nefiti I nefteproduktov*. М.: IRB (Insdtitut riska I bezopasnosti. 2007. 375 S.

2. Kamenschikov F.A., Bogomol'nyi E.I. *Udalenie nefteproduktov s vodnoi poverkhnosti I grunta*. М. Izhevsk.: Institut komp'yuternykh issledovaniy. 2006. 528 S.

3. Fingas M. Oil spill science and technology. *Elsevier: Gulf Prof.* Publ. 2017. 1078 P. ISBN:9780128094136.

4. Wang Q., Zhang S., Li Y., Klassen W. Potencial approaches to improving biodegradation of hydrocarbons for bioremediation of crude oil pollution. *J. Environ. Protection*. 2011. v. 2. N 1. pp. 47-55.

5. Ahmed F., Fakhruddin A.N.M. A review on environmental contamination of petroleum hydrocarbons and its biodegradation. *Int. J. Environ. Sci Nat. Res*. 2018. v. 11. N 3. pp. 63-69.

6. Mohammadi L., Rahdar A., Bazrafshan E., Dahmardeh H., Susan M.A.B.H., Kyzas G.Z. Petroleum

hydrocarbon removal from wastewaters: A review. *Processes*. 2020. v. 8. N 447. pp. 1-34.

7. Veprikova E.V., Terestchenko E.A., Chesnokov N.V., Stchipko M.L., Kuznetsov B.N. Osobennosti ochistki vody ot nefteproduktov s ispolzovaniem neftyanykh sorbentov, fil'truyuschikh materialov I aktivnykh uglei. *J. Siberian Federal University. Chemistry*. 2010. v. 3. N 3. pp. 285-304.

8. Soliman E.M., Ahmed S.A., Fadl A.A. Adsorptive removal of oil spill from sea water surface using magnetic wood sawdust as a novel nanocomposite synthesized via microwave approach. *J. Environ. Health Sci. Eng*. 2020. v. 18, N 1. pp. 79-90.

9. Rotar O.V., Iskrizhitskaya D.V., Iskrizhitsky A.A., Oreshina A.A. Cleanup of water surface from oil spills using natural sorbent materials. *Procedia Chem*. 2014. v. 10, N 1. pp. 145-150.

10. Karmanova E.N., Kalinina E.V. Likvidatsiya avariynych razlivov nefiti I nefteproduktov s tverdykh poverkhnostei modifitsirovannymi otkhodami sodovogo proizvodstva. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya*. 2018. N 4. s. 53-60.

11. Shiu R.F., Lee C.L., Hsieh P.Y., Chen C.S., Kang Y.Y., Chin W.C., Tai N.H. Superhydrophobic graphene-based sponge as a novel sorbent for crude oil removal under various environmental conditions. *Chemosphere*. 2018. v. 207. pp. 110-117.

12. Samoilov V.A., Khlestkin R.N., Shemetov A.V., Shammazov A.A. *Sorbtsionnyi metod likvidatsii avariynych razlivov nefiti i nefteproduktov*. М.; Khimiya. 2001. 189 S.

13. Temirkhanov B.A., Sul'tygova Z./Kh., Salamov A.Kh., Al'gieva A.M. *Novye uglerodnye materialy dlya likvidatsii razlivov nefiti*. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012. N 6-2. S. 471-475.

14. Use of sorbent materials in oil spill response. Techn. Inform. paper. ITOPF Ltd. London. UK – Интернет ресурс: www.itopf.org/uploads/TIP_8_2012_FINAL.pdf.

15. Yakubovskii S.F., Bulavka Yu. A., Popkova L.A. Pisareva S.S. Sorbtsionnye svoystva prirodnykh tsellyulozo- I ligninsoderzhaschikh otkhodov dlya sbora prolivov nefteproduktov. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo Universiteta. Ser. B*. 2013. s. 110-115.

16. Sorbent oil spill. 3M Company - Интернет ресурс: www.3m/Company US/Sorbents.

17. Dmitrieva Z.T., Sosnina S.V., Zaitsev A.V. Adsorbent dlya otchistki poverkhnosti vody i pochvy ot nefiti I nefteproduktov Patent RF N 2036719 (B01J20/24, C02F1/28) Institut khimii nefiti SO RAN. Publ. 09.06.1995.

18 Usenkova N.P., Bachernikova S.G., Mikhail'kova A.I., Puzanova N.P. *Tekhnologiya likviodyatsii razlivov nefteproduktov na osnove netkannogo sorbenta*. Neftyanoe khozyaistvo. 2003. N 2. s. 95-97.

Надійшла до редакції 16.03.2021 р.

Investigation of organic materials nature on petrol removal from water surface**I.V. Bacherikova¹, S.B. Grinenko¹, L.S. Kuznetsova¹, V.O. Zazhigalov¹, O.V. Bacherikov²**¹ *Institute for Sorption and Problems of Endoecology, NAS of Ukraine, Kyiv 03164, Naumov str., 13*² *SIC "Petroleum-Gas Centre", Kyiv, 03187, Teremkovska str., 5*

The properties of some organic materials in the removal of oil from water area were studied. It was shown that available materials as technical wool and sintepon can be used as effective sorbents for petroleum removal from water area. The sample mechanical wringing of these sorbents permits to return the part of adsorbed oil for its next use. The dependence of sorption properties (the adsorbed petroleum mass, specific oil adsorption, return of the oil and selectivity of petroleum removal) and petroleum removal from the number of absorption-release cycles was established. It was established that quantity of adsorbed oil decreases in other next step of removal but mass of oil returned increases in the process of mechanical wringing. The regeneration of these adsorbents by flushing in gasoline permits to obtained the initial properties in oil removal from water area. The sorption elements in the form of bags from linen with these materials were prepared. The dependence of the amount of oil removed by these sorption elements from the time of oil clearing of the water area process was determined and the optimal parameters of petroleum removal were established. It was shown that sorption elements on the base of these materials have adsorption capacity equal to 14-16 g of petroleum/g sorbent at selectivity of petroleum removal more than 70 % and oil recovery degree more than 80 % and the possibility their reusable use on oil spill response. The obtained positive results of oil removal from water area permit to propose in extreme cases of oil spills the available industrial products as jerseys, blanket, jackets etc. use successfully for petroleum spill response. The hydrophobization of these elements permits to improve their properties in oil removal from water area. As results of sorption elements modification the increase of adsorbed oil mass and specific petroleum removal at simultaneous increase of returned oil quantity for its next use and oil removal selectivity were established. It was established that synthesized sorption elements not inferior in properties known industrial sorbents for oil removal from water area.

Key words: oil removal from water, adsorption capacity, technical wool, sintepon