

УДК 502.37:676.034.81

АНАЛИЗ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТАМ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

канд. хим. наук, доц. С.Ф. ЯКУБОВСКИЙ, канд. техн. наук, доц. Ю.А. БУЛАВКА
(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

Проанализированы возможности использования более двадцати образцов природных сорбционных материалов для ликвидации нефтяных загрязнений путем утилизации отходов деревообработки и сельского хозяйства. Рассмотрены основные физико-химические и эксплуатационные свойства растительных материалов: влажность, насыпная плотность, адсорбционная емкость по йоду и метиленовому синему, суммарный объем пор методом «молекулярных щупов» по воде, ацетону и толуолу. изучена адсорбция нефти и нефтепродуктов по ускоренному методу, водопоглощение, плавучесть и степень отжима. Рассмотренные сорбционные материалы сопоставимы с широко применяемыми в промышленности нефтяными сорбентами по эксплуатационным характеристикам и при этом в разы дешевле по стоимости.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, сорбент, сорбция, отходы лесного и сельского хозяйства.

Введение. Ежегодно в мире в окружающую среду от добывающих, транспортирующих и перерабатывающих предприятий поступает от 5 до 10 млн т нефти и нефтепродуктов (что составляет 5–7% от всего добытого и переработанного сырья) [1; 2]. Ликвидация нефтяных загрязнений не обходится без применения различного рода сорбционных материалов [2–11]. Особый интерес представляет поиск и исследование материалов, обладающих высокими сорбционными характеристиками и имеющих природное происхождение [2; 3], что и определило цель настоящего исследования.

Методы исследований. Предварительная подготовка растительных материалов к исследованию заключалась в высушивании, измельчении и сухом фракционировании на лабораторных ситах с отбором фракции гранулометрического состава 0,25–1 мм по ГОСТ 12536. Для образцов определена влажность по ГОСТ 12597, насыпная плотность по ГОСТ 16190, адсорбционная емкость по йоду и метиленовому синему по ГОСТ 6217 и ГОСТ 4453 соответственно. Методом «молекулярных щупов» по ГОСТ 17219 определен суммарный объем пор по воде, ацетону и толуолу. Испытание на адсорбцию нефти и нефтепродуктов выполняли по ускоренному методу по ГОСТ 33627 для адсорбента II типа. Водопоглощение образцов определяли по ГОСТ 24160, плавучесть и степень отжима – по методикам, приведенным в [4].

Результаты и их обсуждение. Выполнен анализ возможности использования природных сорбционных материалов для ликвидации нефтяных загрязнений путем утилизации отходов сельского и лесного хозяйств. Результаты анализа физико-химических свойств отобранных образцов природных растительных материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Характеристика отобранных образцов фракции 0,25-1 мм

Образец	Влажность, % масс., по ГОСТ 12597	Насыпная плотность, г/дм ³ , по ГОСТ 16190	pH водной вытяжки по ГОСТ 32327
Шелуха ячменная	3,51	266	7,46
Шелуха гречихи	2,90	567	5,85
Шелуха арахиса	4,50	329	5,92
Шелуха подсолнечника	3,50	209	5,01
Околоплодник редьки	3,53	351	6,20
Околоплодник фасоли	5,48	475	5,10
Околоплодник боба	6,08	460	5,95
Околоплодник рапса	5,01	424	5,81
Солома злаковых культур	5,03	650	6,81
Смесь шелухи злаковых культур	4,45	564	5,88
Коробочки хлопчатника	6,50	204	4,35
Хвощ полевой	3,44	284	5,79
Опилки сосны	3,60	198	5,40
Кора сосны	4,90	241	4,68
Кора ольхи серой	4,04	497	5,34
Кора ели	4,93	355	4,49
Кора бука	3,93	519	6,93
Кора каштана	4,01	306	6,40
Кора березы	3,05	599	4,66
Кора акации	3,75	256	6,05

Содержание влаги в отходах сельского и лесного хозяйств не превышает 6,5% масс., что говорит о высокой способности к высушиванию образцов; потенциометрическим титрованием установлено, что водная вытяжка имеет слабокислую среду, кроме шелухи ячменной, для которой характерна нейтральная среда, а насыпная плотность образцов в среднем составляет 20–65 г/100 см³, что сопоставимо с промышленными сорбционными материалами. Статический угол смачивания изучаемых образцов водой больше 90°, что позволяет прогнозировать их хорошую плавучесть и водоотталкивающие свойства.

Результаты анализа адсорбционной активности по йоду и метиленовому синему, выполненные для исходных образцов фракции 0,25–1 мм в нативном виде, а также для высушенного остатка после обработки холодной и горячей водой и 1,5% мас. раствором гидроксида натрия приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Адсорбционная активность образцов по йоду и метиленовому синему

Образец	Активность по йоду, в %, по ГОСТ 6217				Активность по метиленовому синему, в мг/г, по ГОСТ 4453			
	Исходный	Обработан способом			Исходный	Обработан способом		
		1*	2*	3*		1*	2*	3*
Шелуха ячменя	23,37	23,47	23,52	28,56	95	143	180	210
Шелуха гречки	15,33	17,64	21,84	24,36	15	35	60	78
Шелуха арахиса	17,15	19,47	21,00	24,56	62	71	159	174
Шелуха подсолнечника	21,10	21,52	24,53	31,01	128	135	155	153
Околоплодник редьки	24,36	24,78	26,88	28,98	146	195	198	225
Околоплодник фасоли	11,12	14,43	13,82	17,82	70	115	116	171
Околоплодник боба	16,85	14,78	17,11	12,83	98	138	177	192
Околоплодник гороха	16,11	16,22	22,41	14,81	70	85	110	147
Околоплодник рапса	20,07	19,18	18,92	21,12	67	73	95	121
Коробочки хлопчатника	20,24	21,83	22,34	25,50	88	102	104	110
Хвощ полевой	19,36	22,27	24,57	28,14	105	132	276	302
Опилки сосны	17,60	16,12	16,92	15,61	47	60	126	88
Кора сосны	17,27	18,74	19,33	28,16	35	85	86	210
Кора ольхи серой	14,64	20,11	18,75	21,25	105	115	123	145
Кора бука	11,43	12,30	12,01	15,24	54	75	76	132
Кора каштана	15,25	17,08	15,86	18,30	93	97	103	118
Кора ели	11,59	13,42	12,81	15,30	102	128	130	145
Кора березы	10,98	13,34	11,43	13,34	25	70	71	92
Кора акации	22,86	25,40	24,77	26,70	85	120	124	127

Примечание: 1* экстракция холодной водой; 2* экстракция горячей водой; 3* экстракция 1,5 % мас. раствором гидроксида натрия.

Адсорбционная активность по йоду изучается для анализа микропористости растительных материалов с эффективными диаметрами пор до 1 нм и способности поглощать низкомолекулярные углеводороды. Адсорбционная активность по метиленовому синему характеризует содержание в сорбенте микропор с размерами эффективных диаметров до 1,7 нм.

Необработанные отходы деревообработки и сельского хозяйства имеют схожие показатели адсорбционной активности по йоду в пределах 10–25%, что в разы ниже значения (более 60%), характерного для промышленного активного угля БАУ-А (на основе березового угля-сырца), однако приближаются к 180...210 мг/г (для БАУ-А) значению адсорбционной активности по метиленовому синему. В целом обработка водой и гидроксидом натрия способствует раскрытию дополнительных пор в твердых остатках за счет перехода в раствор смол, полифенольных кислот, лигногуминовых веществ, низкомолекулярного лигнина и полисахаридов. Отходы растениеводства в большинстве случаев обладают большей адсорбционной активностью по йоду и метиленовому синему по сравнению с отходами деревообрабатывающей промышленности, что позволяет прогнозировать высокую нефтеемкость этих образцов.

Методом «молекулярных щупов» определен суммарный объем пор по воде, ацетону и толуолу. Результаты анализа приведены в таблице 3.

Определено, что отходы растениеводства, как и отходы деревообрабатывающей промышленности, характеризуются сильно развитой общей пористостью. Суммарный объем пор по воде достигает 0,6–5,5 см³/г, что сопоставимо со значением для активированных углей (до 1,6 см³/г). Высокие значения суммарного объема пор по воде для околоплодников редьки, шелухи ячменной и арахиса будут снижать эффективность сбора с их помощью нефтяных загрязнений с водной поверхности из-за высокой избирательности к воде растительных материалов.

Таблица 3. – Объем пор методом «молекулярных щупов» по ГОСТ 17219

Образец	Суммарный объем пор, см ³ /г		
	по воде ($d = 0,24$ нм)	по толуолу ($d = 0,63$ нм)	по ацетону ($d = 0,56$ нм)
Шелуха ячменная	5,325	5,046	1,227
Шелуха гречихи	2,650	2,566	0,810
Шелуха арахиса	4,735	4,239	0,664
Шелуха подсолнечника	1,020	0,401	0,270
Околоплодник редьки	5,480	3,489	0,848
Околоплодник рапса	1,799	1,270	0,300
Коробочки хлопчатника	1,500	1,160	0,580
Хвощ полевой	3,190	1,932	0,873
Солома злаковых культур	2,952	1,510	0,215
Опилки сосны	1,383	1,143	2,405
Кора сосны	1,337	1,138	1,522
Кора ольхи серой	2,192	1,705	0,255
Кора бука	0,923	0,073	0,057
Кора каштана	1,445	1,155	0,370
Кора ели	1,308	0,239	1,348
Кора березы	0,580	0,409	0,315
Кора акации	2,710	2,017	0,867

В качестве сорбтивов выбраны западно-сибирская нефть (плотностью при 20 °С 860 г/см³) и нефтепродукты: керосин (КО-20) (плотностью при 20 °С 790 г/см³), дизельное топливо (ДТ) (плотностью при 20 °С 825 г/см³) и вакуумный дистиллят первого погона (ВД-1) (плотностью при 20 °С 906 г/см³). Результаты анализа адсорбции нефти и нефтепродуктов, выполненной по ускоренному методу по ГОСТ 33627-2015 для адсорбента II типа приведены в таблице 4.

Таблица 4. – Адсорбционная способность образцов по отношению нефти и нефтепродуктам

Образец	Сорбтив	Исходный образец, г/г	Твердый остаток после обработки, г/г, способом		
			1*	2*	3*
1	2	3	4	5	6
Шелуха ячменя	нефть	3,1	9,3	9,9	12,8
	КО-20	3,0	7,1	7,6	10,4
	ДТ	3,0	8,6	7,9	9,7
	ВД-1	3,2	7,4	7,7	15,3
Шелуха гречки	нефть	1,1	1,3	1,5	2,7
	КО-20	0,8	1,4	1,7	2,4
	ДТ	0,9	1,0	2,1	2,1
	ВД-1	1,1	1,6	1,6	1,9
Шелуха арахиса	нефть	2,3	4,6	5,3	5,7
	КО-20	2,3	3,1	3,7	2,8
	ДТ	2,3	4,8	4,9	4,9
	ВД-1	2,8	3,5	3,9	4,7
Шелуха подсолнечника	нефть	3,3	3,8	3,9	5,5
	КО-20	2,1	2,5	2,6	2,8
	ДТ	2,2	3,1	2,9	3,0
	ВД-1	3,9	3,8	4,6	4,2
Околоплодник редьки	нефть	2,9	9,0	9,8	13,3
	КО-20	2,4	7,0	7,5	11,9
	ДТ	2,4	7,1	7,7	13,2
	ВД-1	2,7	7,9	7,9	15,5
Околоплодник фасоли	нефть	3,6	3,6	7,0	6,0
	КО-20	1,9	2,5	2,4	3,0
	ДТ	2,8	3,5	3,7	4,2
	ВД-1	4,5	5,3	6,5	6,4
Околоплодник боба	нефть	4,2	4,6	5,4	5,5
	КО-20	1,8	2,2	3,1	3,0
	ДТ	2,5	3,5	3,4	3,4
	ВД-1	5,2	4,9	4,7	5,4

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Коробочки хлопчатника	Нефть	3,5	5,7	5,0	5,8
	КО-20	2,7	3,1	3,2	2,8
	ДТ	2,9	3,9	3,5	3,7
	ВД-1	5,1	5,6	8,7	7,6
Смесь шелухи сельскохозяйственных культур	нефть	10,8	9,6	8,6	6,7
	КО-20	5,2	4,7	4,3	2,3
	ДТ	7,2	4,9	5,6	3,0
	ВД-1	8,2	8,4	9,1	8,0
Хвощ полевой	нефть	3,3	4,7	6,1	13,4
	КО-20	2,4	3,9	4,4	8,9
	ДТ	2,7	4,5	5,8	11,5
	ВД-1	3,1	4,3	6,1	14,5
Солома злаковых культур	нефть	3,9	4,2	4,9	6,1
	ДТ	2,5	3,7	3,7	5,9
Опилки сосны	нефть	5,3	5,2	5,4	6,8
	ДТ	4,8	4,7	4,7	6,1
Кора сосны	нефть	3,9	3,8	3,9	4,8
	ДТ	3,9	3,7	3,8	4,6
Кора ольхи серой	нефть	1,1	1,3	1,7	2,7
	КО-20	0,7	1,6	1,6	2,6
	ДТ	1,1	1,5	1,9	2,1
	ВД-1	2,7	2,9	3,3	3,9
Кора ели	нефть	2,8	3,4	3,6	3,9
	КО-20	1,6	2,2	2,4	3,1
	ДТ	2,3	2,5	2,6	2,7
	ВД-1	3,6	4,5	4,6	4,8

Примечание: 1* экстракция холодной водой; 2* экстракция горячей водой; 3* экстракция 1,5 % мас. раствором гидроксида натрия.

Экономически эффективная нефтеемкость (нефтепоглощение) в 3,0 г/г определена для шелухи ячменя и подсолнечника, околоплодников фасоли и боба, коробочек хлопчатника, соломы и смеси шелухи сельскохозяйственных культур, а также опилок и коры сосны. Нефтеемкость отходов растениеводства и деревообработки коррелирует с содержанием целлюлозы в образце. Чем выше содержание целлюлозы, тем больше степень поглощения нефти и нефтепродукта. Например, шелуха ячменная – содержание целлюлозы 55–60%, опилки сосны – 53–55%, солома пшеницы – 35–49%, шелуха арахиса – 38–41%, шелуха гречихи – 19–29%. Реагентная обработка водой и щелочью растительных материалов позволяет увеличить долю аморфных зон целлюлозы, что положительно сказывается на повышении удельной поверхности и адсорбционной способности материала по отношению к нефти и нефтепродуктам. Тяжелые нефтепродукты поглощаются всеми образцами значительно эффективнее, чем легкие. Происходит линейное возрастание сорбционной способности образцов с увеличением плотности нефтепродукта, что свидетельствует о процессах физической сорбции и увеличении энергии адгезионной связи сорбируемого вещества с поверхностью сорбции. В целом контакт твердых олеофильных частиц растительных материалов с большим количеством нефти вокруг них способствует образованию мицелл, взаимодействующих между собой с формированием своеобразной сетчатой структуры, что значительно увеличивает вязкость суспензии, приводя к образованию плотных конгломератов.

В таблице 5 приведены результаты анализа плавучести, водопоглощения и степени отжима образцов фракции 0,25–1 мм. Данные показатели имеют особенное значение при ликвидации нефтяных загрязнений с водных поверхностей.

Для шелухи гречки и подсолнечника, коробочек хлопчатника и древесной коры характерны низкие значения водопоглощения, что обусловлено повышенным содержанием гидрофобных компонентов. Это определяет их хорошую плавучесть и водоотталкивающие свойства. Однако для остальных отходов растениеводства характерны высокие показатели по водопоглощению, что обусловлено наличием большого количества сильнополярных групп, таких как -ОН, -СООН.

Для устранения этого недостатка необходимо осуществлять гидрофобизацию поверхности. Высокой плавучестью обладает древесная кора, ограниченной – отходы сельскохозяйственных культур. Однако шелуха подсолнечника и опилки сосны быстро тонут даже в конгломерате с нефтью, вероятно, из-за низкого поверхностного натяжения, что может затруднить их извлечение из водных объектов. Остальные образцы в конгломерате с нефтью обладают высокой плавучестью – более 72 ч. Повысить плавучесть материалов можно путем использования изделий с армирующей оболочкой – боннов, матов и др. Высокая степень отжима нефти после адсорбции установлена для шелухи ячменной и арахиса, хвоща полевого и коробочек хлопчатника. Менее половины сорбтива извлекается отжимом насыщенной нефтью древесной коры.

Таблица 5. – Характеристика плавучести, водопоглощения и степени отжима образцов

Образец	Плавучесть (за 24 ч), % масс.	Плавучесть, ч	Водопоглощение, г/г	Плавучесть в конгломерате с нефтью, ч	Степень отжима, % масс.
Шелуха ячменная	30,0	3–72	5,4	более 72	79,34
Шелуха гречихи	34,0	3–72	2,4	более 72	69,06
Шелуха арахиса	36,5	3–72	3,9	более 72	72,32
Шелуха подсолнечника	около 1	до 3	2,9	менее 72 ч	63,12
Околоплодник редьки	23,5	3–72	7,1	более 72	64,77
Солома злаковых культур	2,0	3–72	5,1	более 72	19,10
Хвощ полевой	22,5	3–72	4,8	более 72	76,65
Коробочки хлопчатника	21,5	3–72 ч	2,4	более 72	68,32
Опилки сосны	около 1	до 3	6,9	менее 72 ч	22,40
Кора сосны	75,0	более 72	3,3	более 72	25,10
Кора ольхи	98,0	3–72	3,5	более 72	49,95
Кора ели	97,0	3–72	3,8	более 72	39,75

Заключение. Значение нефтеемкости отходов растениеводства после обработки водой и щелочью приближаются к показателю до 9 г/г наиболее широко применяемого сорбента в технологиях ликвидации нефтяных загрязнений марки Spill-Sorb на основе канадского сфагнового мха стоимостью около 6900 \$ за 1 т. При этом себестоимость сорбционных материалов из отходов сельскохозяйственных культур не превышает 100 \$ за 1 т. Рассматриваемые образцы в четыре раза дешевле широко применяемого в Беларуси промышленного нефтяного сорбента марки «Белнефтесорб-экстра», изготавливаемого на основе фрезерного торфа с нефтеемкостью около 3 г/г. Таким образом, рассмотренные сорбционные материалы сопоставимы с широко применяемыми в промышленности нефтяными сорбентами как по эксплуатационным, так и по экономическим характеристикам. Вместе с тем рациональная утилизация отходов с получением на их основе нефтяных сорбентов не только позволит расширить их ассортимент, но и снизить нагрузку на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якубовский, С.Ф. Получение сорбента для сбора нефти и нефтепродуктов при их разливах путем утилизации отходов агропромышленного комплекса / С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка, Е.И. Майорова // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2017. – № 11. – С. 84–89.
2. Bulauka, Y.A. Emergency sorbents for oil and petroleum product spills based on vegetable raw materials / Y.A. Bulauka, K.I. Mayorava, Z. Ayoub // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 451(1). 10.1088/1757-899X/451/1/012218
3. Булавка, Ю.А. Использование отходов агропромышленного комплекса для получения нефтяных сорбентов / Ю.А. Булавка, С.Ф. Якубовский, Е.И. Майорова // XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – Т. 2, № 4(8). – С. 38–47.
4. Каменщиков, Ф.А. Нефтяные сорбенты / Ф.А. Каменщиков, Е.И. Богомольный. – М.: Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005. – 268 с.
5. Tripathi, J. Switchgrass as oil and water-spill sorbent: Effect of particle size, torrefaction, and regeneration methods / J. Tripathi, A. Arya, D. Ciolkosz // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 281. 10.1016/j.jenvman.2020.111908
6. Theoretical and experimental investigation on the removal of oil spill by selective sorbents / P. Narayanan [et al.] // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2018. – Vol. 63. – P. 1–11. 10.1016/j.jiec.2018.01.031
7. Neha, Bhardwaj. A review on sorbent devices for oil-spill control / Neha, Bhardwaj, Ashok N. Bhaskarwar // Environmental Pollution. – 2018. – Vol. 243, Part B. – P. 1758–1771. 10.1016/j.envpol.2018.09.141
8. Rebecca, Pagnucco. Comparative effectiveness of natural by-products and synthetic sorbents in oil spill booms / Rebecca Pagnucco, Megan L. Phillips // Journal of Environmental Management. – 2018. – Vol. 225. – PP. 10–16. 10.1016/j.jenvman.2018.07.094
9. Shima, Panahi. Assessment of milkweed floss as a natural hollow oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup / Shima Panahi, Meghdad Kamali Moghaddam, Meysam Moezzi // Journal of Environmental Management. 2020. – Vol. 268. 10.1016/j.jenvman.2020.110688
10. Cojocar, C. Peat-based sorbents for the removal of oil spills from water surface: Application of artificial neural network modeling / C. Cojocar, M. Macoveanu, I. Cretescu // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2011. – Vol. 384, Iss. 1–3. – P. 675–684. 10.1016/j.colsurfa.2011.05.036
11. Recent advances in developing cellulosic sorbent materials for oil spill cleanup: A state-of-the-art review / Samia ben Hamouda [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 311. 10.1016/j.jclepro.2021.127630

REFERENCES

1. Yakubovskiy, S.F., Bulavka, Yu.A. & Mayorova, Ye.I. (2017). Polucheniye sorbenta dlya sbora nefi i nefteproduktov pri ikh razli-vakh putem utilizatsii otkhodov agropromyshlennogo kompleksa [Obtaining a sorbent for collecting oil and oil products during their spills by recycling waste from the agro-industrial complex]. *Vestnik Polotsogo gosudarstvennogo universitetata. Seriya V, Promyshlennost'. Prikladnyye nauki* [Bulletin of the Polotsk State University. Series B, Industry. Applied Sciences], (11), 84–89. (In Russ., abstr. in Engl.).

2. Bulavka, Yu.A., Mayorava, K.I. & Ayoub, Z. (2018). Emergency sorbents for oil and petroleum product spills based on vegetable raw materials. *IOP Conference Series*, 451(1). 10.1088/1757-899X/451/1/012218
3. Bulavka, Yu.A., Yakubovskiy, S.F. & Mayorava, K.I. (2017). Ispol'zovaniye otkhodov agropromyshlennogo kompleksa dlya polucheniya neftyanykh sorbentov [The use of agricultural waste to obtain oil sorbents]. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost' [XXI century. Technospheric safety]*, T. 2, 4(8), 38–47. (In Russ., abstr. in Engl.).
4. Kamenshchikov, F.A. & Bogomol'nyy, Ye.I. (2005). *Neftyanyye sorbenty [Oil sorbents]*. Moscow: Izhevsk: Regul'yarnaya i khaoticheskaya dinamika. (In Russ.).
5. Tripathi, J., Arya, A. & Ciolkosz, D. (2021). Switchgrass as oil and water-spill sorbent: Effect of particle size, torrefaction, and regeneration methods. *Journal of Environmental Management*, 281, 111908. 10.1016/j.jenvman.2020.111908
6. Narayanan, P., Ravirajan, A., Umasankaran, A., Gnana Prakash, D. & Senthil Kumar, P. (2018). Theoretical and experimental investigation on the removal of oil spill by selective sorbents. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 63, 1–11. 10.1016/j.jiec.2018.01.031
7. Neha, Bhardwaj & Ashok, N. Bhaskarwar. (2018). A review on sorbent devices for oil-spill control. *Environmental Pollution*, Vol. 243, Part B, 1758–1771. 10.1016/j.envpol.2018.09.141
8. Pagnucco, R. & Phillips, Megan L. (2018). Comparative effectiveness of natural by-products and synthetic sorbents in oil spill booms. *Journal of Environmental Management*, 225, 10–16. 10.1016/j.jenvman.2018.07.094
9. Shima, Panahi, Meghdad Kamali, Moghaddam, & Meysam, Moezzi. (2020). Assessment of milkweed floss as a natural hollow oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup. *Journal of Environmental Management*, 268. 10.1016/j.jenvman.2020.110688
10. Cojocaru, C., Macoveanu, M. & Cretescu, I. (2011). Peat-based sorbents for the removal of oil spills from water surface: Application of artificial neural network modeling. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 384, Iss. 1–3, 675–684. 10.1016/j.colsurfa.2011.05.036
11. Samia ben Hammouda, Zhi Chen, Chunjiang An & Kenneth Lee. (2021). Recent advances in developing cellulosic sorbent materials for oil spill cleanup: A state-of-the-art review. *Journal of Cleaner Production*, 311. 10.1016/j.jclepro.2021.127630

Поступила 26.04.2022

ANALYSIS OF THE SORPTION CAPACITY IN RELATION TO OIL AND PETROLEUM PRODUCTS OF NATURAL PLANT MATERIALS

S. YAKUBOUSKI, Y. BULAUKA

An analysis of the possibility of using more than twenty samples of natural sorption materials for the elimination of oil pollution by recycling waste from woodworking and agriculture was carried out. Physicochemical and operational properties of plant materials such as moisture content, bulk density, adsorption capacity for iodine and methylene blue, total pore volume by the method of "molecular probes" for water, acetone and toluene, adsorption of oil and oil products by the accelerated method, water absorption, buoyancy and degree pressing was studied. The considered sorption materials are comparable to oil sorbents widely used in industry in terms of performance, but are several times cheaper in cost was established.

Keywords: Oil pollution, sorbent, sorption, forestry and agricultural waste.