

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИДРОФОБИЗОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Г.Е. Павлик, В.А. Покровский, Б.Г. Мисчанчук, А.Г. Гирченко

*Институт химии поверхности им. А.А. Чуйко Национальной академии наук Украины
ул. Генерала Наумова, 17, 03164 Киев-164*

На поверхности базальтового волокна получены устойчивые до 175 – 200 °С метилсилильные покрытия, позволяющие материалу впитывать разлитые на поверхности воды углеводороды. Методом термoproграммированной десорбционной масс-спектрометрии (ТПДМС) показано, что разрушение гидрофобного слоя начинается при 170 °С и завершается в области 700 – 950 °С.

Введение

К опасным загрязнителям окружающей среды относятся нефтепродукты [1 – 4]. При их добыче, перевозке, переработке и использовании они попадают в водоемы, грунты и на твердые покрытия. Это, естественно, вызывает необходимость поиска и разработки новых сорбционных материалов, способных надежно очищать загрязненные поверхности.

В мировой практике для этих целей используются различные материалы – чаще всего органические, например солома, опилки, графит, лузга подсолнечника, измельченная кожа животных, шерсть и вата, а также дисперсные порошковые материалы, в том числе гидрофобизованные, для работы на воде: белая сажа, аэросил, перлит, песок, оксиды, терморасширенный графит (ТРГ) [5 – 10].

В табл. 1 приведены показатели качества некоторых традиционных материалов, которые используются для поглощения нефтепродуктов. Некоторые порошковые сорбенты с развитой поверхностью (перлит, ТРГ) неплохо сорбируют нефть. Однако их использование затруднено вследствие возникающих трудностей при сборе нефтепродуктов с водной поверхности, а затем утилизации.

Таблица 1. Сорбционная способность традиционных нефтепоглощающих сорбентов

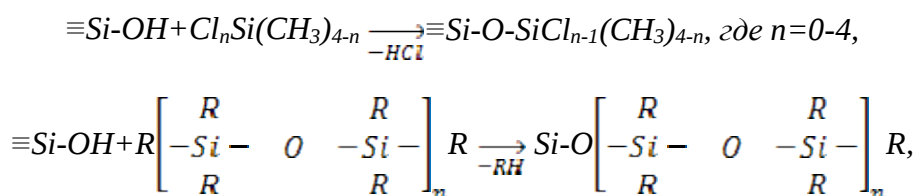
№	Наименование материала	Сорбционная емкость, г нефтепродукта на 1 г сорбента
1	Кварцевый песок	0,80
2	Гидрофобный аэросил	1,00
3	Стружка древесная	1,10
4	Торф гранулированный	1,67
5	Волокно пропиленовое	6,13
6	Гидрофобный торф	6,35
7	ТРГ	7,00
8	Минеральная вата	7,85

Исходя из вышеизложенного, разработка новых, более эффективных сорбирующих материалов, способных поглощать и удерживать в своем объеме значительное количество нефтепродуктов, а при необходимости так же легко их отдавать для переработки и повторного использования, по-прежнему актуальны.

В настоящем сообщении представлены результаты получения и исследования эффективного сорбирующего нефтепродукты минерального материала на основе базальтовых волокон, пригодного для использования на водных поверхностях и твердых покрытиях.

Экспериментальная часть

Гидрофобизацию базальтового волокна с целью изменения химии и морфологии поверхности проводили традиционными способами, применяемыми для кремнезёмов, с помощью алкилхлорсиланов или полиалкилсилоксанов [11]:



где $n = 20 \dots 200$, R – алкильный радикал.

Такие превращения стали возможными благодаря тому, что химический состав базальтового волокна представляет собой смесь оксидов, среди которых хорошо изученный оксид кремния составляет около 50 % [12] (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав базальтов Берестовецкого месторождения

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	MgO	CaO
49,5 – 51,9	1,1 – 1,6	14,5 – 15,5	14,3 – 15,3	4,8 – 5,6	8,5 – 9,5

Кроме силанольных $\equiv \text{Si-OH}$ групп на поверхности базальтового волокна присутствуют другие активные центры $\equiv \text{Ti-OH}$, $\equiv \text{Al-OH}$, $-\text{Fe-OH}$, $-\text{Mg-OH}$, отличающиеся своей химической природой, но также способные к гидрофобизации, о чем свидетельствуют полученные образцы, практически не поглощающие воду.

Источник получения базальтовых волокон – горные породы, барханные пески пустынь, запасы которых исчисляются миллиардами кубических метров, т.е. практически неограниченны.

Гидрофобизацию базальтового волокна кремнийорганическими соединениями проводили жидкофазным и газофазным способами. Жидкофазную обработку вели при кипячении образцов в растворах модификатора в гексане, толуоле, четыреххлористом углероде с обратным холодильником в течение 3 ч (табл. 3).

Таблица 3. Жидкофазное модифицирование базальтового волокна

№	Концентрация растворов, %	Растворитель	Водопоглощение, %		Сорбционная емкость по керосину, %
			До термообработки	После термообработки	
1	0,05	Гексан	94,7	78,9	–
2	0,3	Гексан	94,2	56,5	11,2
3	0,5	Гексан	93,7	54,5	12,5
4	10,0	Гексан	71,3	28,6	14,3
5	10,0	Толуол	37,3	26,5	15,9
6	10,0	Четыреххлористый углерод	41,2	30,3	14,1

Газофазную обработку проводили на установке химического модифицирования методом парофазной обработки материала при нагреве выше 200 °С [13 – 14] (табл. 4).

Таблица 4. Газофазное модифицирование базальтового волокна

№	Водопоглощение, %	Сорбционная емкость по керосину, г/г
1	2,0	31,9
2	0,5	35,1
3	3,0	30,0
4	4,0	29,3
5	2,0	34,8
6	5,0	30,3
7	5,0	29,2
8	3,0	30,9
9	2,0	33,9
10	4,0	29,6

Проведены исследования модифицированных образцов базальтового волокна на водопоглощение и сорбционную емкость, используя керосин и отработанное автомобильное масло, по разработанным нами методикам МВИ 03291669.003 и МВИ 03291669. Для изучения свойств исходного и гидрофобизованного базальтового волокна использовались методы: изотермического высушивания, газовой хроматографии, дериватографии, термопрограммированной десорбционной масс-спектрометрии (ТПДМС) [15], электронной микроскопии.

В методе изотермического высушивания применяли электропечь с терморегулятором, обеспечивающая регулирование температуры от 50 до 250 °С с погрешностью $\pm 5\%$. Навеска базальтового волокна, взвешенная на весах лабораторных равноплечий типа ВЛР-200 2-го класса точности по ГОСТ 24104-80, помещали в выпарительную чашку 2-250 по ГОСТ-9147-80 и выдерживали в сушильном шкафу при температурах 50, 75, 100 °С $\pm 5^\circ\text{C}$ в течение 5 суток.

Каждые 12 ч производили контрольное взвешивание образцов, для чего чашку охлаждали до комнатной температуры в эксикаторе 2-250 по ГОСТ 25336-82, заполненном обезвоженным хлористым кальцием.

Регистрировали изменение массы навесок.

Для анализа выделяющихся летучих компонентов использовали метод газовой хроматографии. Для этого в колбу со шлифом, объемом 250 мл, помещали 2 – 3 г базальтового волокна. Для удаления атмосферного воздуха и содержащихся в нем паров воды колбу продували 50-кратным объемом сухого чистого аргона, колбу закрывали клапаном на шлифе для отбора газообразных проб.

Дериватографические измерения проводили на дериватографе марки 1500 Д системы Паулик, Паулик, Эрдей производства фирмы "МОМ" (Венгрия).

Термопрограммированную десорбцию с поверхности базальтового волокна изучали на комплексном масс-спектрометрическом приборе МХ-7304А, снабженном прецизионным температурным регулятором с нагревательным элементом РИФ-101, безазотной вакуумной системой (насос НДМ 0,16-1), системой регистрации и мониторинга, управляемой компьютером [16].

Параметры оборудования:

1. Диапазон масс: 1-400 Дальтон.
2. Распределительная способность на 10 % интенсивности: 1/м.
3. Чувствительность: 10^{-8}г .

4. Скорость изменения температуры 0,05 – 30°K/мин.
5. Средняя продолжительность эксперимента: 1 ч.

Летучие продукты, выделяющиеся из образцов при нагревании, регистрировали масс-спектрометром.

Электронно-микроскопические фотографии исходного и гидрофобизованного базальтового волокна получены на сканирующем электронном микроскопе СЭМ (JEOL, Япония), с помощью рентгеновского микроанализатора "Superprobe-733", ускоряющее напряжение 25 кВ*.

Результаты и их обсуждение

Как видно из табл. 3 и 4, газофазное модифицирование предпочтительнее. При жидкофазной обработке требуется еще дополнительная термообработка для закрепления модификатора на поверхности материала. Сорбционная емкость при этом невелика.

Газофазный способ позволил получить образцы с минимальным водопоглощением – до 0,5 % масс и максимальным – до 5,0 % масс. Максимальная сорбционная емкость по керосину и отработанному автомобильному маслу составила ~ 35 г на 1 г сорбента. В связи с этим дальнейшая работа проводилась с материалами, гидрофобизованными газофазным способом.

Электронно-микроскопические фотографии исходного и гидрофобизованного базальтового волокна приведены на рис. 1, *а* и *б* – соответственно. Отчетливо видны фрагменты модификатора, закрепленные на поверхности (рис. 1, *б*) в отличие от гладкой поверхности исходного образца (рис. 1, *а*).

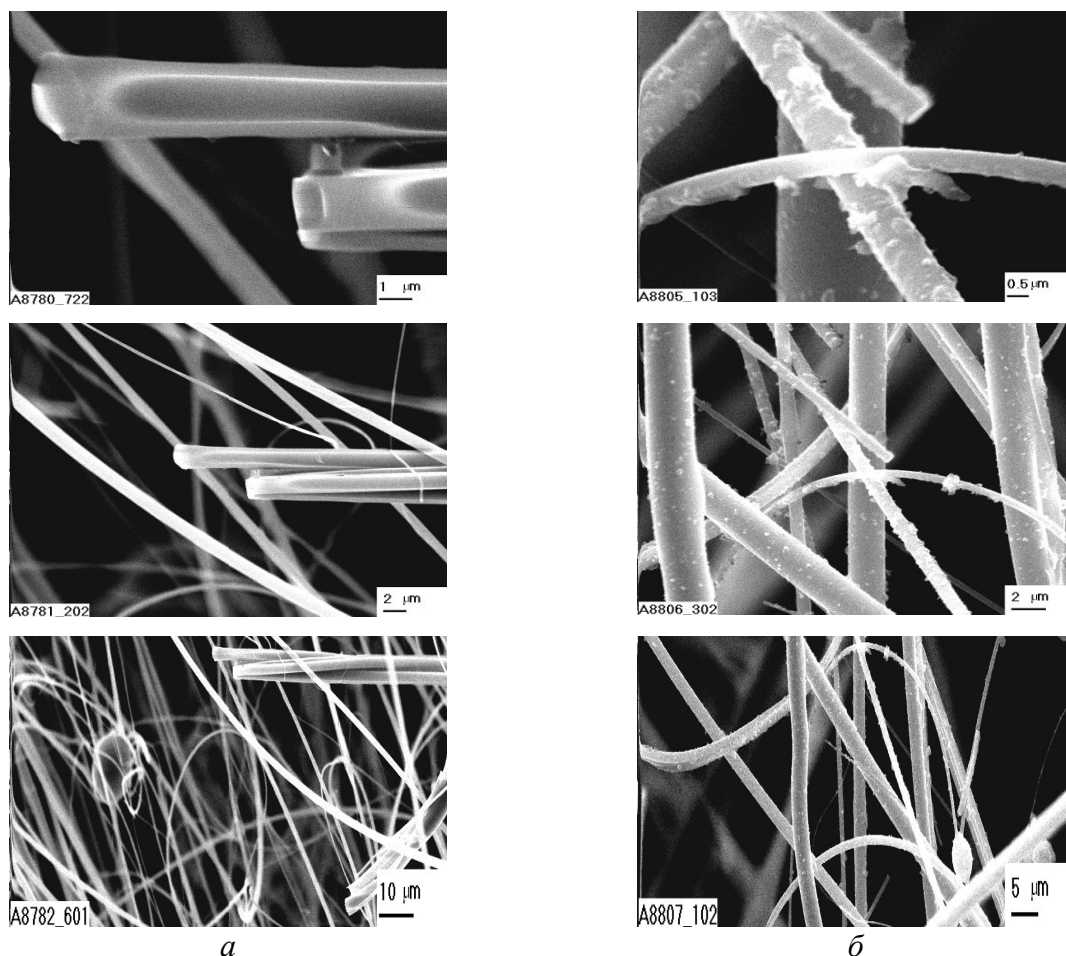


Рис. 1. Электронно-микроскопические фотографии исходного (*а*) и гидрофобизированного базальтового волокна (*б*).

При анализе полученного материала (12 проб) было выявлено, что выдержка его при температурах 50, 75, 100 ± 5 °С в течении 5 суток приводит к изменению массы навески – максимально – 0,9 % масс. В газовой фазе присутствуют пары воды.

Другая серия навесок (12 проб) была выдержана первоначально при температуре 120 ± 5 °С с целью удаления сорбированной воды и затем выдерживалась при 50, 75, 100 ± 5 °С в течении 5 суток. Контрольное взвешивание показало, что образцы термостабильны и изменение их массы не наблюдается.

Для дериватографического исследования использовались образцы гидрофобизованного базальтового волокна, выдержанные предварительно при температуре 100 ± 5 °С, а также образцы без предварительной термообработки. В связи с тем, что волокнистый материал имеет низкие значения насыпной массы, регистрация кривой ДТА не представлялась возможной (рис. 2).

Результаты дериватографических исследований гидрофобизованного базальтового волокна показали, что при низких скоростях нагрева (0,6 – 1,25 °С/мин) без учета содержащейся в образце воды, первоначально выделение кремнийорганического модификатора в жидкую фазу проявляется при температуре 175 – 200 °С. С повышением температуры происходит равномерное удаление всего модифицирующего слоя. Процесс заканчивается при температурах 400 – 420 °С, после чего масса образца не изменяется вплоть до температуры свыше 950 °С.

При высоких скоростях нагрева (5 – 10 °С/мин) также без учета воды первоначальное выделение кремнийорганического модификатора в газовую фазу происходит на 25 – 30 °С выше, чем в предыдущем случае и полное его удаление достигается при 450 – 460 °С.

Как следует из табличных данных, общая убыль массы навески при ее нагреве до температуры 850 – 900 °С меняется от 9 до 21 % массы. Количественная оценка полученных экспериментальных результатов показывает, что волокно содержит 15 ± 6 % масс. модификатора. Обнаруженный разброс данных по убыли массы свидетельствует, вероятно, об имеющейся неравномерности кремнийорганического модификатора по объему образцов волокнистого материала.

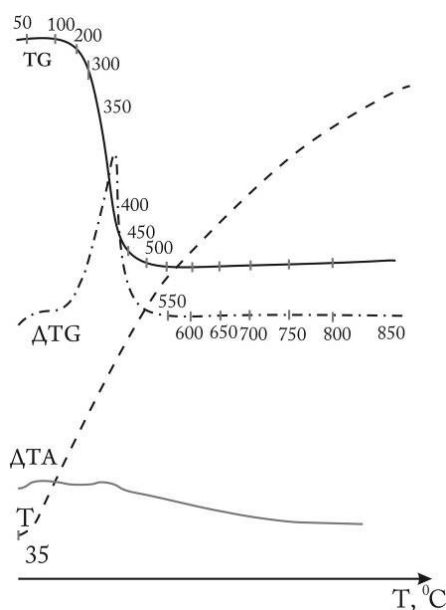


Рис. 2. Первичная дериватограмма гидрофобизованного базальтового волокна.

В табл. 5 приведены результаты экспериментального исследования образцов базальтового волокна в условиях их нагрева до температуры 800 – 1000 °С.

Таблица 5. Убыль массы образцов гидрофобизованного базальтового волокна

Температура, °С	1	2	3	4	5	6
25	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0,2	0,5	0	0,3
200	0	0	0,2	0,7	0,7	0,36
300	0,5	1,6	5,4	3,4	2,7	0,4
400	7,4	10,0	14,3	8,9	15,2	7,8
500	9,8	13,2	14,8	11,3	21,2	9,8
600	10,0	13,4	14,5	11,2	21,5	9,8
700	10,0	13,2	14,0	10,8	21,4	9,8
800	10,0	13,1	–	10,8	21,1	–
900	–	–	–	10,8	21,1	–
1000	–	–	–	10,6	–	–

Табличные данные являются усредненными результатами, полученными из пяти параллельных испытаний.

Данные по колонкам 1 и 2 соответствуют убыли массы образцов волокна, подвергнутых предварительной сушке, 3, 4, 5, 6 – отвечают образцам без предварительной сушки, но при различных скоростях нагрева.

Волокнистый материал неоднороден по своей структуре. С целью исключения этих неоднородностей и набора статических данных, исследования проводились с образцами навесок, взятых из различных точек волокнистого материала. Эти данные представлены в табл. 6.

Таблица 6. Убыль массы образцов гидрофобизованного базальтового волокна (усредненные пробы)

Температура, °С	1	2	3	4	5	6
25	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0,1	0,4	0	0,4
200	0	0	0,2	0,6	0	0,4
300	0,3	1,8	4,6	2,6	2,5	0,5
400	8,1	11,8	13,6	17,9	13,3	8,6
500	10,1	15,8	13,9	10,9	23,3	9,9
600	110,5	15,3	13,9	12,1	23,4	9,9
700	11,5	15,3	14,0	12,1	23,4	9,9
800	11,6	15,3	14,0	12,1	23,4	9,9

Экспериментальные результаты исследования метилсилильного покрытия поверхности гидрофобизованных базальтовых волокон методом температурно-программированной десорбционной масс-спектрометрии подтверждают ранее установленные зависимости. Эксперименты для базальтовых волокон были проведены в сравнении с искусственными сорбентами, изготовленными из стекловолокна в сочетании с фенолформальдегидными смолами. Результаты приведены на рис. 3, а – г и представляют собой температурные зависимости выделения метана (16 а.е.м.) и воды, которая характеризуется массой 17 а.е.м.

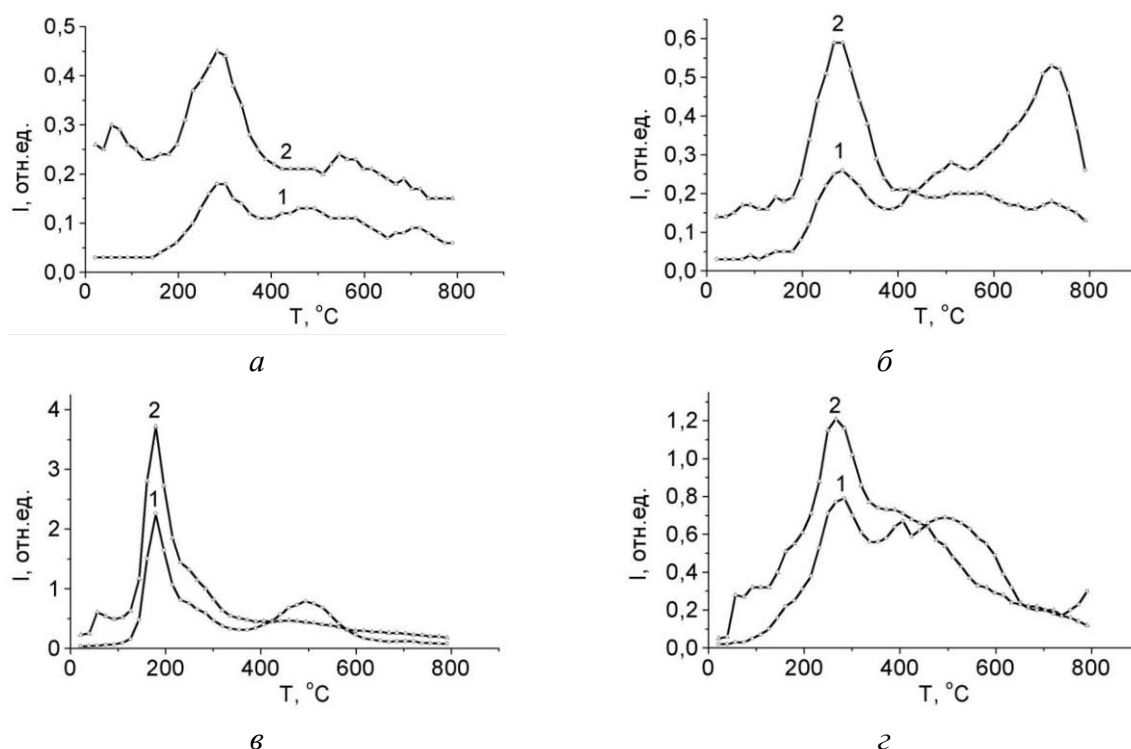


Рис. 3. Термодесорбционные зависимости выделения летучих продуктов: 1 – метан CH_4 (16 а.е.м.) и 2 – вода, характеризуемая фрагментом ОН (17а.е.м). Данные приведены для следующих образцов: а) исходное базальтовое волокно; б) базальтовое волокно, гидрофобизованное метилсилильным покрытием; в) искусственный сорбент – стекловолотно в сочетании с формальдегидными смолами; г) гидрофобизованный искусственный сорбент.

Различие термограмм, приведенных на рис. 3, а, б показывает, что гидрофобизация поверхности минеральных волокон приводит к появлению характерного максимума выделения метана (16 а.е.м.) при температуре около 700°C . Этот максимум обусловлен деструкцией метилсилильных групп на поверхности сорбента, природа и деструкция которых была детально рассмотрена в работе [15]. Именно эти гидрофобизирующие группы обуславливают преимущества модифицированного минерального сорбента. Как видно из рис. 3, а, б на термограммах полностью отсутствуют продукты разложения фенолформальдегидной смолы, как это и должно быть исходя из происхождения и обработки образцов. Эти образцы при изготовлении не входили в контакт со смолой.

Что касается искусственного сорбента, то группа линий при 90, 120, 146, 179 атомных единиц массы наблюдается для тех образцов, в которых смола использовалась в качестве связующего. Исследование исходного и модифицированного образцов методом температурно-программированной масс-спектрометрии показало, как это следует из сравнения термограмм (рис. 3, в, г), что термическая обработка образцов выше 200°C приводит к выделению летучих продуктов разложения, существенному изменению структуры поверхности и, соответственно, сорбционной способности. При температуре около 150°C начинается первая стадия разложения и достигает максимума при температуре около 200°C . Далее, по достижении температуры 300°C выделение летучих продуктов замедляется. Еще один, дополнительный максимум выделения метана наблюдается при температуре около 500°C .

Следует особо отметить, что гидрофобизация искусственных волокон, которая производится при температуре более 200°C , приводит к смещению максимума выделе-

ния метана в область высоких температур, что является следствием предварительной термической обработки искусственных образцов, причем количество смолы в гидрофобизованных образцах уменьшается в несколько раз.

В высокотемпературной области неизотермическая кинетика выделения метана (16 а.е.м.) сохраняется почти без перемен, за исключением незначительного выделения метана в области около 800 °С.

Таким образом, предложена и усовершенствована процедура гидрофобизации минеральных волокон для использования их в качестве сорбентов, способных поглощать нефть и нефтепродукты с высокой поглощающей способностью. Особенности гидрофобизации сорбентов исследованы методом температурно-программированной десорбционной масс-спектрометрии, который был реализован на базе отечественного масс-спектрометрического оборудования МХ 7304 А, СЕЛМИ, г. Сумы.

Методом температурно-программированной десорбции проведено сравнительное исследование гидрофобизованных и негидрофобизованных минеральных волокон, с одной стороны, и гидрофобизованных и негидрофобизованных искусственных волокон, наполненных формальдегидными смолами, с другой.

Определены сравнительные особенности термического разложения минеральных и синтетических волокон, существенные для применения их в качестве нефтепоглощающих сорбентов.

Тот факт, что деструкция метилсилильного покрытия начинается при температуре не ниже 175 °С, имеет важное практическое значение. До этой температуры можно безопасно работать с этим материалом, в том числе и в природных условиях при ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов, не нарушая экологического равновесия окружающей среды [17 – 19].

Важнейшим качеством сорбирующего нефтепродукт материала является его регенерируемость. Для проверки этого свойства полученный сорбционный материал подвергался отжиму, отжигу, отжиму с последующей сушкой, отжиму с пропариванием перегретыми парами воды и сушкой. Во всех перечисленных вариантах регенерации удавалось вернуть сорбционный материал для повторного использования с некоторой потерей сорбционной емкости по отношению к углеводороду, например табл. 7.

Высушивание сорбента после отжима поглощенного керосина позволило повторно многократно его использовать. Сорбционная емкость практически не меняется вплоть до восьмого и девятого цикла, уменьшаясь на 17 и 20 %, соответственно. Другие варианты регенерации дали аналогичные результаты.

Таблица 7. Регенерация нефтепоглощающего сорбента отжимом керосина и последующей сушкой

Характеристика сорбента	Опыты									
	Исх.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса сорбента после отжима	1,0	2,0	1,7	1,8	1,5	2,1	1,9	1,6	1,9	2,1
Масса сорбента после сушки	1,0	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Водопоглощение	5,0	5,0	9,0	9,0	19,7	20,0	20,0	20,0	27,6	37,5
Сорбционная емкость, г/г	23,7	23,7	24,2	24,2	23,4	24,9	22,6	24,1	19,7	19,1

Выводы

Показано, что проведенная гидрофобизация поверхности базальтовых волокон ведет к созданию устойчивых метилсилильных покрытий вплоть до 175 – 200 °С.

Объединение преимуществ химической природы поверхности и капиллярно-пористой структуры минерального базальтового супертонкого волокна позволило создать эффективный нефтепоглощающий сорбент, способный удерживать значительное количество поглощенных углеводородов, а также работать в широком диапазоне температур, включая температуру горения нефти, многократно после регенерации.

**Авторы выражают благодарность к.х.н. Г.П. Приходько за помощь в проведении электронно-микроскопических измерений.*

Литература

1. Тарасова Г.И., Тарасов В.В. Очистка сточных вод от нефтепродуктов с помощью модифицированных глин // IV Межд. научно-практ. конф.: Экологическая безопасность: проблемы и пути решения (Алушта, сентябрь, 2008). Сб. науч. трудов. – Алушта, 2008. – Т. 1. – С. 374 – 378.
2. Кресин В.С., Брук В.В., Баранник В.О. Краткосрочный прогноз распространения нефтепродуктов в Керченском заливе вследствие аварии т/х "Волга-нефть-139" от 11.11.07. // Там же. – С. 56 – 58.
3. Пащенко А.А., Крупа А.А. Роль химии в охране окружающей среды. – Киев, 1983. – С. 187 – 197.
4. Пащенко А.А. Полифункциональные элементоорганические покрытия. – Киев, 1987.
5. Патент 273886 Україна, 6С09К3/32 / Спосіб очищення поверхні води від нафти та нафтопродуктів // Кулик О.П., Чернишова Т.П., Гармаш С.М., Морозов А.А. Бюл №4, 2000.
6. Мясников И.Н. Очистка нефтесодержащих сточных вод с применением бентонита // Водоснабжение и сантехника. – 1998. – № 8. – С. 24 – 25.
7. Пилипенко А.Т., Пащенко А.А., Тарасевич Ю.И. Технология получения, свойства и применение в водоочистке гидрофобного вспученного перлита // Химия и технология воды. – 1981. – Т. 3, № 3. – С. 242 – 247.
8. Белькевич П.И., Чистова Л.Р. и др. Исследование очистки сточных вод с применением гранулированного торфа // Весці АН БССР, сер. хим. – 1985. – № 1 – С. 89 – 94.
9. Патент 41550А Україна 7В01j20/16, С02F1/28 / Сорбційний матеріал для очистки поверхні водних середовищ та ґрунту від нафти та нафтопродуктів // Д.І. Швець, В.В. Стрелко, Л.И. Хохлова, Бюл № 7, 2001.
10. Хохлова А.Д. Выбор минеральных и углеродных сорбентов для извлечения нефтепродуктов из сточных вод на намывных фильтрах // Физико-химическая очистка и методы анализа промышленных сточных вод. – М.: 1998. – С. 5 – 7.
11. Тертых В.А., Белякова Л.А. Химические реакции с участием поверхности кремнезема. – К.: Наук. думка, 1991. – 261 с.
12. Базальто-волоконистые композиционные материалы и конструкции / Сб. научн. трудов – К.: Наук. думка, 1980. – 244 с.
13. А.С. 10300319 СССР, МКИЗСО2 F1/40. Сорбент для удаления нефти и нефтепродуктов / А.А. Чуйко, Г.Е. Павлик, В.В. Ставицкий, А.Д. Бочманов и др. 23.08.83, Бюл. № 27.
14. Патент 1008 Україна МКВ СО2 F1/40. Сорбент для видалення нафти і нафтопродуктів з поверхні води / О.О. Чуйко, Г.Є.Павлик, В.В. Ставицький, О.Д. Бочманов, № 3423625 / СИ Заявл. 13.04.82. опубл. 30.12.93, Бюл. № 3.
15. Kuzema P.A., Pokrovskiy V.A. Mass spectrometric studies on hermally stimulated chemical reactions on the surface of ultrafine silica with varied hydrophobicity // Mass spectrometry. – 2005. – V. 2, № 4. – P. 305 – 316.

16. Покровский В.А., Чуйко А.А. Температурно-программированная десорбционная масс-спектрометрия и особенности неізотермических реакций на поверхности дисперсных твердых тел // В кн. "Химия поверхности кремнезема" под ред. А.А. Чуйко, Институт химии поверхности НАН Украины. – Киев, 2001.
17. TPD MS Studies of Hydrophobized Mineral Fibers Used as Oil Sorbents / G.E. Pavlik, V.A. Pokrovskiy, A.A. Chuiko // Proc. of 40th ASMS Conference on Mass spectrometry and Allied Topics, Chicago, Minois, May 27-31, 2001. – P. 271 – 274.
18. Павлик Г.Е., Покровский В.А., Чуйко А.А. Сорбция нефтепродуктов минеральными волокнами // X Всеросс. симп. РАН: Актуальные проблемы теории адсорбции, пористости и адсорбционной селективности. Тез. докл. Москва, 18-22 апреля 2005.
19. Павлик Г.Е. Сорбент "Ліосорб" для захисту водойм від розливів нафтопродуктів // V Міжн. водний форум: AQUA – Ukraine". – 2007. – С. 105.

INVESTIGATION OF PROPERTIES OF HYDROPHOBIC MINERAL FIBERS

G.E. Pavlyk, V.A. Pokrovskiy, B.G. Mischanchuk, A.G. Girchenko

*Chuiko Institute of Surface Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine
General Naumov Str. 17, 03164 Kyiv-164*

Hydrophobic methylsilyl coating was obtained on the surface of basalt fibers which was able to adsorb carbohydrates from water surface. Method of temperature-programmed desorption mass spectrometry has shown that destruction of hydrophobic layer started at 170 °C and was completed at 700 – 950 °C.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРОФОБІЗОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ВОЛОКОН.

Г.Є. Павлик, В.О. Покровський, Б.Г. Місчанчук, А.Г. Гірченко

*Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ-164*

На поверхні базальтового волокна отримано стійке до 175 – 200 °C гідрофобне метилсилільне покриття, яке дозволяє матеріалу поглинати розлиті на воді вуглеводні. Методом термопрограмованої десорбційної мас-спектрометрії (ТПДМС) показано, що руйнування гідрофобного шару починається при 170 °C і завершується в області 700 – 950 °C.