

12. *Pishchik I.I.* Datirovanie drevesiny dlitel'noy vyderzhki nerazrushayushchimi metodami: Diss. ... d-ra tekhn. nauk [Dating wood long exposures of non-destructive methods. Dr. of eng. sc. diss.]. Moscow: MGSU, 2005.
13. *P'yadichev E.V., Sivenkov A.B., Tarasov N.I.* Termookislitel'noe razlozhenie drevesiny razlichnogo ekspluatatsionnogo vozrasta [Thermal-oxidative decomposition of wood of various operational age], *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere* [Problems of Risk Management in the Technosphere, 2011, No. 4 (20). Available at: <http://comobzor.ru/registers/media/pi-fs-77-36404-problemy-upravleniya-riskami-v-tehnosfere>].

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Петров.

Асеева Роза Михайловна – Академия ГПС МЧС России; e-mail: aseevarm@yandex.ru; г. Москва, ул. Б. Галушкина, 4; тел.: 84956172626; кафедра ПБС; д.х.н.; профессор; заслуженный деятель науки РФ.

Серков Борис Борисович – e-mail: serkov@antip.ru; тел.: 84956172728; д.т.н.; профессор; начальник УНЦ ППБС; заслуженный работник высшей школы РФ.

Сивенков Андрей Борисович – e-mail: sivenkov01@mail.ru; тел.: +74956172977; ученый секретарь.

Aseeva Rosa Mikhailovna – Academy EMERCOM of Russia; e-mail: aseevarm@yandex.ru; 4, B. Galushkina street, Moscow, Russia; phone: +74956172626; the department of BSS; Honored Worker of Science; dr. of chem. sc.; professor.

Serkov Boris Borisovich – e-mail: serkov@antip.ru; phone: +74956172728; dr. of eng. sc.; professor; head of the UC BTS; Honored Worker of the Higher School of Russia.

Sivenkov Andrei Borisovich – e-mail: sivenkov01@mail.ru; phone: +74956172977; scientific secretary.

УДК 544.723.212

А.В. Жилыева, Т.Н. Мясоедова, Г.Э. Яловега

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СВОЙСТВ

Показана возможность переработки опавшей листвы для получения сорбентов для очистки природных и сточных вод от нефтепродуктов. Экспериментальным путем подобрана температура синтеза сорбента, которая составила 500 °С. Методом энергодисперсионного флуоресцентного анализа изучен элементный состав исходного сырья (листвы) и синтезированного сорбента. Элементный состав обоих образцов включает Са, Fe, Zn, Mn, К, Си, Ti, As (по мере уменьшения концентрации). Изучены сорбционные характеристики полученных материалов и влияние условий термообработки листвы на свойства формируемого сорбционного материала. Адсорбционная активность образца, полученного при температуре 500 °С, составляет по йоду 48,26 %, а метиловому оранжевому – порядка 124,88 мг/г. Степень извлечения нефтепродуктов составляет 89–95 %. Для увеличения площади удельной поверхности проведено импрегнирование сорбента гидроксидом калия. Установлено, что КОН промотирует развитие поверхности пористой системы и увеличивает площадь удельной поверхности в 46 раз.

Растительное сырье; сорбент; адсорбционная активность; нефтепродукты.

A.V. Gilyaeva, T.N. Myasoedova, G.E. Yalovega

**PREPARATION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SORBENT
FOR WATER PURIFICATION FROM OIL PRODUCTS AND THE STUDY
OF SORBENTS' PROPERTIES**

In the work we can find the possibility of fallen leaves' utilization in order to receive sorbents for natural and waste water purification from oil products. The temperature of sorbent synthesis was matched by experiments; the temperature was 500 °C. We have studied the elemental composition both of feedstock (fallen leaves) and of the synthesized sorbent by the method of energy dispersive fluorescent analysis. The elemental composition of these materials includes Ca, Fe, Zn, Mn, K, Cu, Ti, As (with the concentration decrease). We have studied the sorption characteristics of derived materials and the influence of heat treatment temperature to the characteristics of derived materials. The sorbent's adsorption activity synthesized at a temperature of 500 °C is 48,26 % and 124,88 mg/g to iodine- and orange methyl, respectively. The degree of extraction from oil products is 89–95 %. The impregnation of sorbent with potassium hydroxide was made for extending the specific surface area. We have found out that CON promotes the development of porous surface system and increase the specific surface area by 46 times.

Vegetable feed; sorbent; adsorption activity, oil products.

Введение. Как показывает мировая практика, наиболее перспективным и экономичным способом очистки от органических загрязняющих веществ является сорбционный метод. Степень очистки этим методом достигает 80–95 % и зависит от химической природы адсорбента, площади адсорбционной поверхности и ее доступности, а также от химического строения вещества и его состояния в растворе.

В настоящее время большой интерес представляют сорбенты на основе растительного сырья, а также из отходов растительного происхождения. Они представляют собой дешевые и эффективные сорбирующие материалы широкого спектра действия.

Для производства сорбентов применяют разнообразное сырье [1–7]. Свойства некоторых материалов, которые используются при сборе нефти или служат основой для получения нефтяных сорбентов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства различных материалов для сбора нефти

Материал	Нефтепоглощение, г/г	Водопоглощение, г/г
Природные органические материалы		
Солома пшеничная (сечка)	4,1	4,3
Камышовая сечка: листья стебли	6,1	4,6
	2,7	3,9
Шелуха гречихи	3,0–3,5	2,2
Древесные опилки	1,7	4,3
Лигнин гидролизный	1,5–3,0	4,1
Отходы ватного производства	8,3	0,26
Уголь бурый измельченный	1–2	0,2

Е.Е. Уткина в работе [8] исследовала возможность получения сорбционных материалов комплексного типа на основе разного измельченного растительного сырья (опилки, тростник), полученного путем специальной термообработки и последующим модифицированием. Для получения сорбентов использовался процесс пиролиза. Пиролиз измельченного камыша проводился в камере, снабженной выходными клапанами, в отсутствие кислорода.

Е.В. Веприкова [9] в качестве сырья для получения сорбентов использовала воздушно-сухую бересту березы с остаточной влажностью 10 ± 2 %. Бересту измельчали на дезинтеграторе марки «8255 Nossen» (Германия). Для получения сорбентов взрывным автогидролизом использовали бересту со следующим размером частиц: 1–2 мм – 2,3 %; 2–3 мм – 5,7 %; 3–5 мм – 43,8 %; 5–10 мм – 48,2 %.

Взрывной автогидролиз образцов массой 0,1 кг проводили на установке, описанной в работе [10].

Методика исследования. В работе [11] объектом исследования является энтеросорбент (СКБ), полученный из луба березы обработкой 2 %-ного NaOH по методике, описанной в работах [12, 13]. Энтеросорбент представляет собой порошкообразный материал с крупностью частиц не более 250 мкм. Содержание основных компонентов в сорбенте составляет (процент от массы абсолютно сухого сорбента – а.с.с.): суммарное количество легко- и трудногидролизуемых полисахаридов – 26,3; лигнина – 49,6; водорастворимых веществ – 3,8; золы – 1,6. Влажность сорбента – 4,8 %.

В качестве веществ-модификаторов были использованы водные растворы крахмала картофельного (ГОСТ 7699-78) и желатина (П-11, ГОСТ 11293-89) различной концентрации, а также 60 % раствор сахарозы. Растворы модификаторов смешивали с порошком сорбента СКБ и высушивали при температуре 50–60 °С (табл. 2).

В качестве исходного сырья для получения сорбента использовали опавшую листву. Отбор палой листвы ореха проводили в осенний период на территории г. Таганрога.

Листву тщательно промывали дистиллированной водой для удаления грязи и водорастворимых примесей, высушивали при температуре 110 ± 2 °С в течение 30–40 мин и измельчали.

Термическую обработку листвы проводили в металлическом реакторе высотой 70 мм и диаметром 42 мм. В печь нагретую до необходимой температуры помещали реактор с материалом. Масса загрузки листвы в каждом отдельном случае составляла $5,00 \pm 0,02$ г. На рис. 1 представлена термограмма образца палой листвы. Видно, что выше температуры 500 °С наблюдается постоянство массы синтезированного сорбента. Следовательно, при данной температуре была получена экспериментальная партия сорбционного материала.

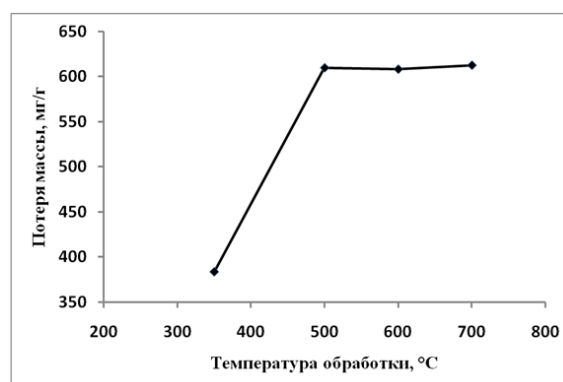


Рис. 1. Зависимость потери массы от температуры обработки сорбента

Элементный состав исходного материала и синтезированного сорбента изучали методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа. Для этого исходный материал (листья) и сорбент перетирались до порошкообразного со-

стояния. Из полученного порошка были отмерены навески в 13 мг, спрессованные в таблетки и помещенные в держатель для образцов. Обзорные энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные спектры были зарегистрированы на линии КМС-2, источника синхротронного излучения Bessy (II) (Берлин, Германия) в диапазоне энергий ионизации К оболочки от 1 до 12 кэВ. Время экспозиции составляло 60 с. С использованием программного кода Winshell (Max) была проведена идентификация $K\alpha$ -характеристических линий исследуемых образцов и определен их качественный элементный состав. Морфология сорбента была исследована методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), с использованием микроскопа LEO 1560 Института нанометровой оптики и технологии (Берлинский Центр материалов и энергии имени Гельмгольца) (рис. 2).

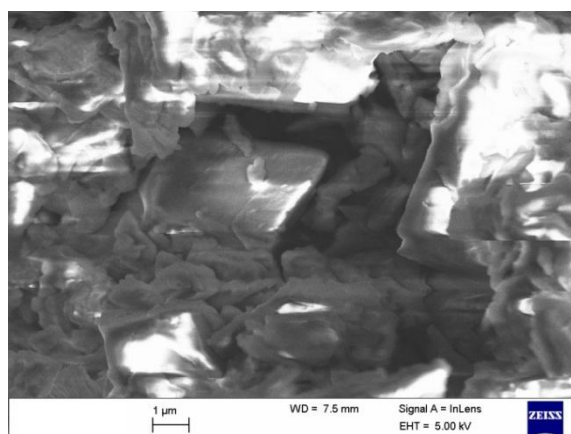


Рис. 2. СЭМ изображение поверхности сорбента

Результаты и обсуждение. На рис. 3 представлены результаты рентгенофлуоресцентного анализа исходного материала (листья) и сорбента. Идентификация элементов проводилась по $K\alpha$ и $K\beta$ -линиям рентгеновской флуоресценции. На рисунке идентифицированы $K\alpha$ -линии обнаруженных элементов. Не идентифицированные пики соответствуют $K\beta$ -линиям обнаруженных элементов. Черным отмечены элементы, обнаруженные в обоих образцах, красным – только в образце сорбента. Элементный состав обоих образцов включает Ca, Fe, Zn, Mn, K, Cu, Ti, As (по мере уменьшения концентрации). В состав сорбента дополнительно входят Cr и Ni, что может быть связано с особенностями пробоподготовки материала для энергодисперсионного анализа. В наиболее высоких концентрациях содержатся: кальций, железо и цинк, в то время как для мышьяка, меди и титана – обнаружено следовое количество элементов. Наблюдается количественный рост всех элементов в сорбенте по сравнению с исходным материалом, что вполне объяснимо, так как при отжиге остается микроэлементная составляющая, температура испарения которой выше температуры отжига. Поэтому в единице массы измеряемого образца количественное содержание элементов растет. В подтверждение этого может служить тот факт, что калий является единственным элементом, содержание которого уменьшается при изготовлении сорбента: его температура кипения – 1047 К, по сравнению с кальцием (1757 К) или железом (3134 К).

Основные технические характеристики и адсорбционные свойства (адсорбционная емкость по йоду (A_{I_2} , %), метиленового оранжевого (A_{MO} , мг/г)) полученного сорбента оценивали по известным методикам, концентрацию йода определяли прямым титрованием с тиосульфатом натрия, а концентрацию метиленового оранжевого – спектрофотометрическим методом [14, 15].

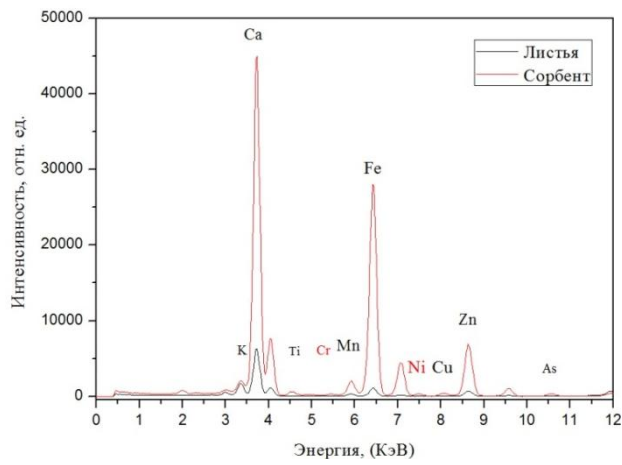


Рис. 3. Рентгенофлуоресцентные спектры исходного материала (листья) и сорбента

На рис. 4 изображена зависимость адсорбционной активности сорбента по отношению к йоду от температуры обработки. Видно, что наилучший результат достигается при температуре 500 °С.

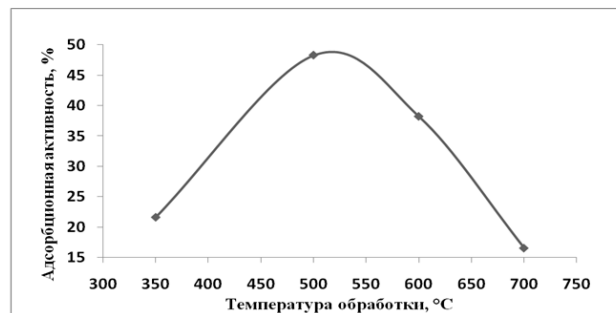


Рис. 4. Зависимость адсорбционной активности сорбента по отношению к йоду от температуры обработки

Зависимость адсорбционной активности сорбента по отношению к метиленовому оранжевому от температуры обработки (рис. 5) показывает, что при 500 °С достигается максимальная степень извлечения.

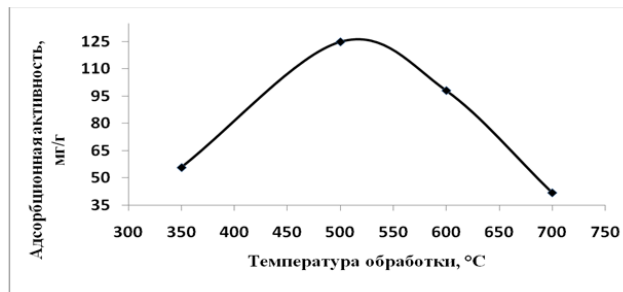


Рис. 5. Зависимость адсорбционной активности сорбента по отношению к метиленовому оранжевому от температуры обработки

Исходя из полученных данных, было проведено сравнение характеристик синтезированного сорбента по отношению к другим авторам (табл. 2). Из таблицы следует, что она сравнима с адсорбционной активностью активных углей известных марок и не уступает, а даже превосходит сорбционную активность по отношению к различным адсорбатам.

Таблица 2

Сравнительная характеристика синтезированного сорбента по отношению к другим авторам

Сорбционный материал	Показатели сорбции		Источник
	A ₁₂ , %	A _{MO} , мг/г	
Тростник	27,1	–	[8]
Опилки	24,32	–	[8]
Береста березы	11,8	–	[10]
СКБ	32,7	64,4	[11]
СКБ, клейстер крахмала	30,0	46,2	[11]
СКБ, гель желатина	33,3	73,0	[11]
Сухая листва	48,26	124,88	[настоящая работа]
Активные угли			
БАУ-А	60	-	[14]
БАУ-Ац	60	-	[14]
ДАК	30		[14]
ОУ-А	-	210	[15]
ОУ-Б	-	205	[15]

Для изучения адсорбционной активности по отношению к нефтепродуктам был использован сорбент, синтезированный при температуре 500 °С. Для этого был приготовлен раствор из масла Т-22 с добавлением эмульгатора – лаурилсульфата натрия. Было взято 400 мл раствора с концентрацией 12,8 мг/л для изучения сорбционной активности. Раствор разделили на три части: 100 мл, 200 мл, 300 мл. В каждой колбе было 1,28 мг, 2,56 мг, 3,84 мг нефтепродуктов соответственно. В колбы помещали 0, 5 г сорбента и выдерживали в течение 30 минут. По методу [16] определили остаточное содержание нефтепродуктов. В первой колбе 1,36 мг/л, во второй – 0,57 мг/л, в третьей – 0,55 мг/л (масса нефтепродуктов составила 0,14 мг, 0,11 мг, 0,16 мг соответственно).

На рис. 6 показано, что с увеличением времени контакта сорбента с нефтепродуктами степень извлечения растет и достигает почти 96 %.

Для увеличения удельной поверхности использовался универсальный химический реагент, хорошо активирующий любое углеродсодержащее сырье, гидроксид калия. Щелочную обработку осуществляли импрегнированием – пропиткой водным раствором КОН с последующей сушкой. Навеску сорбента (1,5 г) приводили в контакт с (3 г) 50 %-ным раствором КОН, выдерживали 24 ч при комнатной температуре и сушили при 105–110 °С до постоянного веса. Термолиз проводили в металлическом реакторе. Режим термолиза: нагревание со скоростью 4 град/мин до температуры активации (500 °С), охлаждение при комнатной температуре. Твердые продукты термолиза отмывали от щелочи водой, затем 0,1 М раствором HCl и снова водой до отрицательной реакции на ионы Cl⁻ (по AgNO₃). Полученные образцы активаторов сушили при 105±5 °С до постоянной массы.

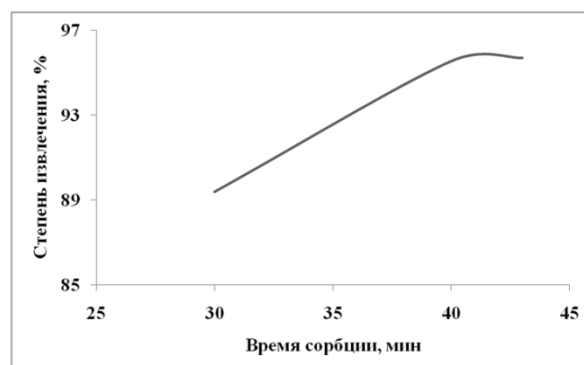


Рис. 6. Зависимость степени извлечения от времени сорбции

Для определения площади удельной поверхности сорбента по стандартной методике. Сущность метода заключается в титровании 0,3 %-ным раствором метиленового голубого в присутствии серной кислоты. Удельную поверхность рассчитывают, исходя из количества метиленового голубого, израсходованного на титрование.

В итоге площадь удельной поверхности обработанного сорбента увеличилась примерно в 46 раз.

Заключение. В ходе работы были синтезированы и исследованы опытные партии сорбента из сухой листвы при различных режимах термообработки. Выявлено, что начиная с температуры 500 °С, масса сорбента на выходе остается неизменной. Были проведены исследования адсорбционной активности по отношению к йоду и метиловому оранжевому. Адсорбционная активность образца, полученного при температуре 500 °С, составляет по йоду 48,26 %, а метиловому оранжевому порядка 124,88 мг/г, она сравнима с адсорбционной активностью активных углей известных марок и не уступает, а даже превосходит сорбционную активность по отношению к различным адсорбатам, полученных другими авторами.

Изучение сорбционной активности синтезированного материала по отношению к нефтепродуктам показало, что степень извлечения составляет 89–95 %.

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что растительное сырье может быть эффективным сорбентом по отношению к широкому спектру веществ. Это открывает широкие возможности для производства сорбентов «зеленого» типа в различных регионах при использовании передвижных модульных установок и формировании таким образом запаса дешевых и экологически чистых сорбентов. Это особенно важно при ликвидации экстремальных ситуаций на объектах, представляющих экологическую угрозу населению.

Синтез сорбента произведен с использованием оборудования ЦКП «Микро-системная техника и интегральная сенсорика» (ЮФУ).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Горожанкина Г.И., Пинчукова Л.И. Сорбенты для сбора нефти: сравнительные характеристики и особенности применения // Трубопроводный транспорт нефти. – 2000. – № 4. – С. 12-17.
2. Набаткин А.Н., Хлебников В.Н. Применение сорбентов для ликвидации нефтяных разливов // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 11. – С. 61.
3. Хлесткин Р.Н., Самойлов Н.А., Шеметов А.В. Ликвидация разливов нефти при помощи синтетических органических сорбентов // Нефтяное хозяйство. – 1999. – № 2. – С. 46-49.

4. *Самойлов Н.А., Хлесткин Р.Н., Шеметов А.В., Шаммазов А.А.* Сорбционный метод ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. – М.: Химия, 2001. – 189 с.
5. *Бордунов В.В., Коваль Е.О., Соболев И.А.* Полимерные волокнистые сорбенты для сбора нефти // Нефтегазовые технологии. – 2000. – № 6. – С. 30-31.
6. *Kutchin A., Demin V., Shubnitsina E., Sazonov M.* Protection of ground and water areas with use natural adsorbents. – London: Thomas Telford, 2000. – Vol. 2. – 1486 p.
7. *Ананьева Т.А., Волков Ф.В., Назарова Е.В.* Сорбционно-активный материал для очистки воды от нефтепродуктов. Патент на изобретение № 2158177 РФ. Б.И. – 2001. – № 4.
8. *Уткина Е.Е., Каблов В.Ф., Быкадоров Н.У.* Использование сырьевых ресурсов региона для решения проблем загрязнения водных объектов нефтепродуктами // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8. – С. 406-409.
9. *Веприкова Е.В., Терещенко, Е.А., Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н.* Использование бересты березы для получения сорбционных материалов // Journal of Siberian Federal University. – 2012. – № 5. – С. 178-188.
10. *Веприкова Е.В., Терещенко, Е.А., Щипко М.Л., Кузнецов Б.Н.* Сорбенты для ликвидации нефтяных загрязнений, полученные автогидролизом древесных отходов // Экология и промышленность России. – 2011. – № 3. – С. 16-20.
11. *Веприкова Е.В., Щипко М.Л.* Влияние модифицирующих веществ на свойства сорбента из луба березы. 4-я Всероссийская конференция «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья» (Барнаул, 21-23 апреля 2009г.): тез. докл. – Барнаул, 2009. – С. 282-284.
12. *Веприкова Е.В., Щипко М.Л., Кузнецова С.А., Кузнецов Б.Н.* Получение энтеросорбентов из отходов окорки березы // Химия растительного сырья. – 2005. – № 1. – С. 65-70.
13. *Кузнецова С.А., Щипко М.Л., Кузнецов Б.Н., Ковальчук Н.М. и др.* Энтеросорбент и способ его получения. Патент на изобретение № 2311954 РФ. Б.И. – 2007. – № 34. – С. 128.
14. ГОСТ 6217-74 – 2010. Уголь активный древесный дробленый. Технические условия. Введ. 2010-07-20. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – С. 9.
15. ГОСТ 4453-74 – 2010. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия. Введ. 2010-07-20. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – С. 24.
16. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в питьевых, природных и сточных водах ИК-спектрометрическим методом с использованием концентратомера нефтепродуктов «ИКН-025». – Санкт-Петербург. ФР. 1.31.2007.03234. МВИ 01.02.117. 2007. – С. 13.

REFERENCES

1. *Gorozhankina G.I., Pinchukova L.I.* Sorbenty dlya sbora nefiti: sravnitel'nye kharakte-ristiki i osobennosti primeneniya [Sorbents for oil collection: comparative characteristics and features of the application], *Truboprovodnyy transport nefiti [Pipeline Transport of Oil]*, 2000, No. 4, pp. 12-17.
2. *Nabatkin A.N., Khlebnikov V.N.* Primenenie sorbentov dlya likvidatsii nefityanykh razlivov [The use of sorbents for oil spill response], *Neftyanoe khozyaystvo [Oil Industry]*, 2000, No. 11, pp. 61.
3. *Khlestkin R.N., Samoylov N.A., Shemetov A.V.* Likvidatsiya razlivov nefiti pri pomoshchi sinteticheskikh organicheskikh sorbentov [The oil spill response using synthetic organic sorbents], *Neftyanoe khozyaystvo [Oil industry]*, 1999, No. 2, pp. 46-49.
4. *Samoylov N.A., Khlestkin R.N., Shemetov A.V., Shammazov A.A.* Sorbtionnyy metod likvidatsii avariynykh razlivov nefiti i nefteproduktov [Sorption method of liquidation of emergency floods of oil and oil products]. Moscow: Khimiya, 2001, 189 p.
5. *Bordunov V.V., Koval' E.O., Sobolev I.A.* Polimernye voloknistye sorbenty dlya sbora nefiti [Polymeric fibrous sorbents for oil collection], *Neftyanoe khozyaystvo [Oil Industry]*, 2000, No. 6, pp. 30-31.
6. *Kutchin A., Demin V., Shubnitsina E., Sazonov M.* Protection of ground and water areas with use natural adsorbents. London: Thomas Telford, 2000, Vol. 2, 1486 p.
7. *Anan'eva T.A., Volkov F.V., Nazarova E.V.* Sorbtionno-aktivnyy material dlya ochistki vody ot nefteproduktov [Sorption-active material for water purification from oil products]. Patent na izobretenie № 2158177 RF. B.I. 2001, No. 4.

8. *Utkina E.E., Kablov V.F., Bykadorov N.U.* Ispol'zovanie syr'evykh resursov regiona dlya resheniya problem zagryazneniya vodnykh ob'ektov nefteproduktami [The use of primary resources in the region to solve the problems of water pollution with oil products], *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2011, No. 8, pp. 406-409.
9. *Veprikova E.V., Tereshchenko, E.A., Chesnokov N.V., Kuznetsov B.N.* Ispol'zovanie beresty berezy dlya polucheniya sorbtionnykh materialov [Use birch bark to obtain sorption materials], *Journal of Siberian Federal University*, 2012, No. 5, pp. 178-188.
10. *Veprikova E.V., Tereshchenko, E.A., Shchipko M.L., Kuznetsov B.N.* Sorbenty dlya likvidatsii neftyanykh zagryazneniy, poluchennyye avtogidrolizom drevesnykh otkhodov [Sorbents for elimination of oil pollution, obtained by autohydrolysis of wood waste], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2011, No. 3, pp. 16-20.
11. *Veprikova E.V., Shchipko M.L.* Vliyaniye modifitsiruyushchikh veshchestv na svoystva sorbenta iz luba breezy [The effect of the modifying substances on the properties of the sorbent from the bast of a birch], 4-ya Vserossiyskaya konferentsiya «Novye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya» (Barnaul, 21-23 aprelya 2009g.): tez. dokl [4th all-Russian conference "New developments in chemistry and chemical technology of vegetable raw materials" (Barnaul, 21-23 April 2009): abstracts]. Barnaul, 2009, pp. 282-284.
12. *Veprikova E.V., Shchipko M.L., Kuznetsova S.A., Kuznetsov B.N.* Poluchenie enterosorbentov iz otkhodov okorki berezy [Getting chelators from waste bark birch], *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials], 2005, No. 1, pp. 65-70.
13. *Kuznetsova S.A., Shchipko M.L., Kuznetsov B.N., Koval'chuk N.M. i dr.* Enterosorbent i sposob ego polucheniya [Enterosorbent and method thereof]. Patent na izobreteniye № 2311954 RF. B.I., 2007, No. 34, pp. 128.
14. GOST 6217-74 – 2010. Ugol' aktivnyy drevesnyy droblenyy [State Standard 6217-74 – 2010. The active coal crushed wood], *Tekhnicheskie usloviya. Vved. 2010-07-20*. Moscow: Izd-vo standartov, 2010, p. 9.
15. GOST 4453-74 – 2010. Ugol' aktivnyy osvetlyayushchiy drevesnyy poroshkoobraznyy [State Standard 4453-74 – 2010. Coal active brightening wood powder], *Tekhnicheskie usloviya. Vved. 2010-07-20*. Moscow: Izd-vo standartov, 2010, p. 24.
16. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy konsentratsii nefteproduktov v pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vodakh IK-spektrometricheskim metodom s ispol'zovaniem konsentratomera nefteproduktov «IKN-025» [The method of measurement of mass concentration of petroleum products in drinking water and wastewater IR-spectrometric method using concentrator oil "TSC-025"]. Sankt-Peterburg. FR. 1.31.2007.03234. MVI 01.02.117. 2007, p. 13.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

Жиляева Александра Вячеславовна – Южный федеральный университет; e-mail: zhilyaeva.a@list.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 2; тел.: 8634371624; кафедра техносферной безопасности, экологии и химии; магистрант.

Мясоедова Татьяна Николаевна – e-mail: tnmyasoedova@sfedu.ru; кафедра техносферной безопасности, экологии и химии; к.т.н.; доцент.

Яловега Галина Эдуардовна – e-mail: yalovega1968@mail.ru; 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 5; кафедра физики наносистем и спектроскопии; д.т.н.; профессор.

Zhilyaeva Alexandra Vyacheslavovna – Southern Federal University; e-mail: zhilyaeva.a@list.ru; 2, Chehova street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371624; the department of technospheric safety, ecology and chemistry; master student.

Myasoedova Tatyana Nikolaevna – e-mail: tnmyasoedova@sfedu.ru; the department of technospheric safety, ecology and chemistry; cand. of eng. sc.; associate professor.

Yalovega Galina Eduardovna – e-mail: yalovega1968@mail.ru; 5, Sorge, Rostov-on-Don, 344090, Russia; the department of nanosystems physics of and spectroscopy; dr. of eng. sc.; professor.