



*Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет)*

**Технологические подходы в получении сорбентов из
неорганических и органических отходов 3-5 классов
опасности**

*в рамках выполнения гранта Российского научного фонда
(проект №21-79-30029)*

**Докладчик
Спиридонова Елена Анатольевна**

мл. науч. сотрудник ЛаМиУр, к.т.н.

E-mail: samonin@lti-gti.ru



**Лаборатория
Мирового
Уровня**



Коллектив научной группы

кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники

- **Самонин Вячеслав Викторович**, д.т.н. профессор, руководитель научной группы
- **Зотов Александр Сергеевич**, инженер
- **Морозова Вера Юрьевна**, к.т.н., младший научный сотрудник
- **Соловей Валерия Николаевна**, к.т.н., младший научный сотрудник
- **Спиридонова Елена Анатольевна**, к.т.н., младший научный сотрудник
- **Хохлачев Сергей Павлович**, инженер
- **Хрылова Елена Дмитриевна**, инженер



Лаборатория
Мирового
Уровня ²



Обзор литературы

E-library

<input type="checkbox"/>	Бадмаева С.В., Дашинамжилова Э.Ц., Ханхасаева С.Ц. Вестник Бурятского государственного университета. Химия. Физика. 2018. № 4. С. 30-35.	0
<input checked="" type="checkbox"/>	24 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМЫ ВЧ РАЗРЯДОВ Пониженного давления для получения пищевых сорбентов из отходов АПК Паньковский Г.А. Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2004. № 3. С. 802.	1
<input type="checkbox"/>	25 ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА ИЗ ОТХОДА САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Чукарина Ю.А., Зуева С.Б., Филимонова О.Н., Матюшенко И.Н. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. № 3. С. 93.	0
<input checked="" type="checkbox"/>	26 СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СТАНЦИИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ Горелая О.Н., Романовский В.И. Водоснабжение и санитарная техника. 2020. № 10. С. 48-54.	14
<input type="checkbox"/>	27 МАГНИТНЫЙ СОРБЕНТ ИЗ ОТХОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ для удаления НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД Горелая О.Н., Будейко Н.Л., Романовский В.И. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2020. № 16. С. 52-57.	4
<input checked="" type="checkbox"/>	28 ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ БАКТЕРИЦИДНЫХ СОРБЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ Глушанкова И.С., Комбарова М.М., Атанова А.С. Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2021. № 2 (80). С. 7-15.	0
<input type="checkbox"/>	29 СОРБЕНТЫ ИЗ ОТХОДОВ УПАКОВКИ для СБОРА НЕФТИ Тимофеева А.В., Мясоедова В.В., Скопинцев И.В. Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. № 2. С. 47-48.	1
<input type="checkbox"/>	30 МОДИФИКАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ СОЗДАНИЕ СОРБЕНТОВ С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ НЕФТЕЕМКОСТЬЮ Панкеев В.В., Панова Л.Г., Свешникова Е.С. Технические науки - от теории к практике. 2012. № 7-2. С. 59-63.	2
<input checked="" type="checkbox"/>	31 ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ НА СОРБЕНТАХ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ Сомин В.А., Фогель А.А., Комарова Л.Ф. Экология и промышленность России. 2014. № 2. С. 56-60.	13
<input type="checkbox"/>	32 ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ "ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ" С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТА CLEVASOL Слюнчев О.М., Истомина Н.М., Старовойтов Н.П., Мальцев А.А., Дудкин В.А., Бобров П.А., Ремизова В.А. Вопросы радиационной безопасности. 2020. № 3 (99). С. 7-15.	0
<input checked="" type="checkbox"/>	33 ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ СОРБЕНТОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ для ЭФФЕКТИВНОГО УДАЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ Заболотских В.В., Васильев А.В. ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ. 2021. Т. 25. № 12. С. 15-23.	0

АДСОРБЕНТЫ ИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Самонин В.В., Спиридонова Е.А., Зотов А.С., Подвязников М.Л., Гарабаджиу А.В.

Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 12. С. 15-23. Q2

ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ПОРИСТАЯ СТРУКТУРА И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АДСОРБЕНТОВ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ

Самонин В.В., Спиридонова Е.А., Зотов А.С., Подвязников М.Л., Гарабаджиу А.В.

Журнал общей химии. 2021. Т. 91. № 8. С. 1284-1308.



Лаборатория
Мирового
Уровня ³



Федеральный классификационный каталог отходов

[Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 \(ред. от 02.11.2018\)](#)
["Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов"](#) (с изм. и доп., вступ. в силу с 04.10.2021)

1 11 110 02 23 5	Солома
1 11 110 03 23 5	Стебли подсолнечника
1 11 110 04 23 5	Стебли кукурузы
1 11 115 41 23 5	Обертка кукурузных початков
1 11 115 42 20 5	Стержни кукурузных початков
1 11 115 43 40 5	Пленка стержневая при обмолоте початков кукурузы
1 11 120 01 49 5	Зерноотходы твердой пшеницы
1 11 120 02 49 5	Зерноотходы мягкой пшеницы
1 11 120 03 49 5	Зерноотходы меслина
1 11 120 04 49 5	Зерноотходы кукурузы
1 11 120 05 49 5	Зерноотходы ячменя
1 11 120 06 49 5	Зерноотходы ржи

Неорганические отходы

Органические отходы

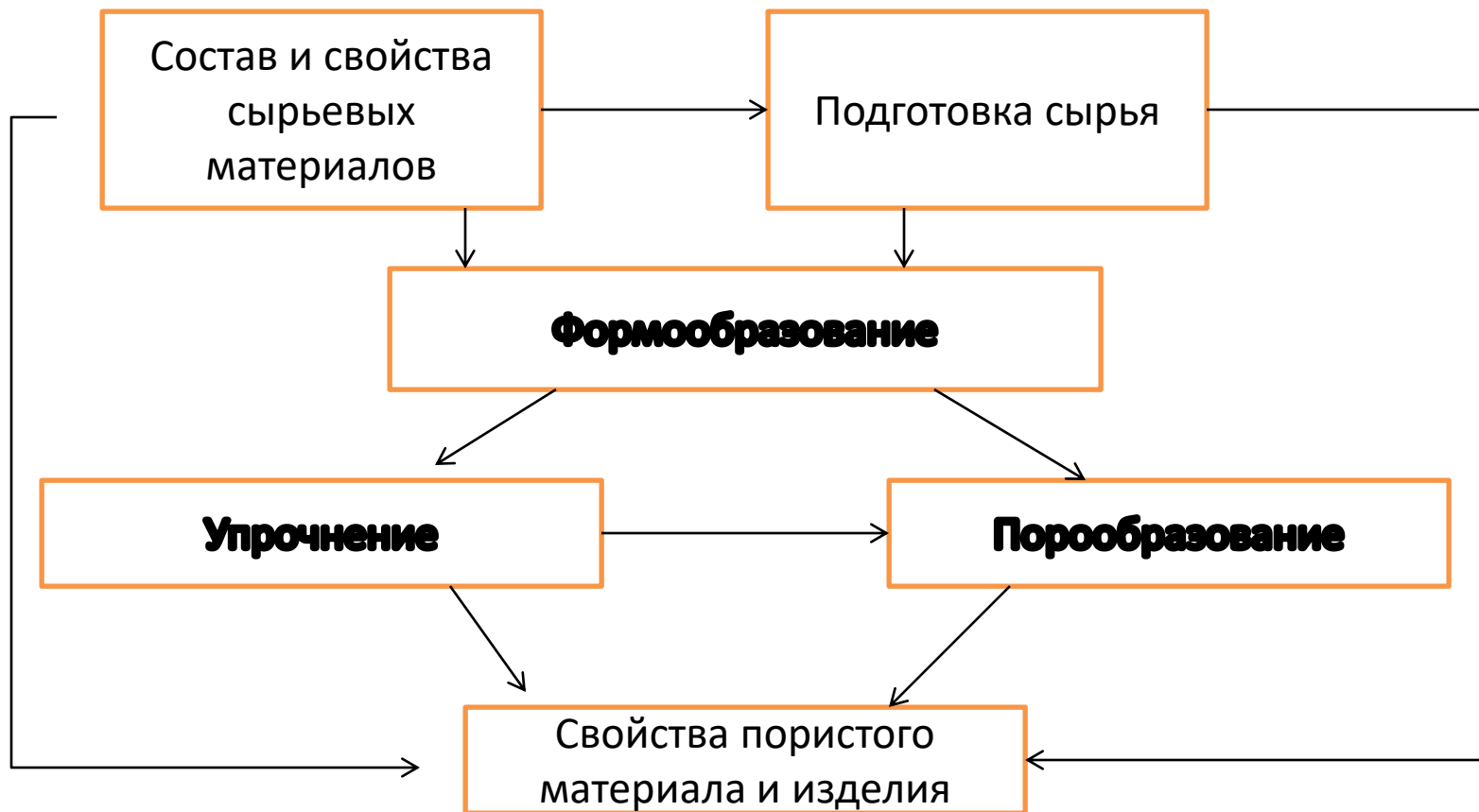


Лаборатория
Мирового
Уровня





Концептуальная схема получения пористых материалов





Этап формообразования

Фракционный состав исходного древесного карбонизата

Фракция, мм	> 3,6	2,8 – 3,6	2,0 – 2,8	1,0 – 2,0	0,5 – 1,0	0,25 – 0,5	0,1 – 0,25	< 0,1
W, %	1,2	2,2	2,2	2,4	19,4	37,6	30,8	3,8



Характеристики исходного ДК

Суммарный объем пор, см ³ /г	Предельный объем сорбционного пространства, см ³ /г	Зольность, %
1,34	0,12	1,2





Активный уголь	Суммарный объем пор, см ³ /г	Предельный объем сорбционного пространства, см ³ /г	Объем микропор, см ³ /г
САУ	1,6	0,42	0,32
БАУ	1,8	0,35	0,25



Сферический активный уголь

Преимущества сферического активного угля:

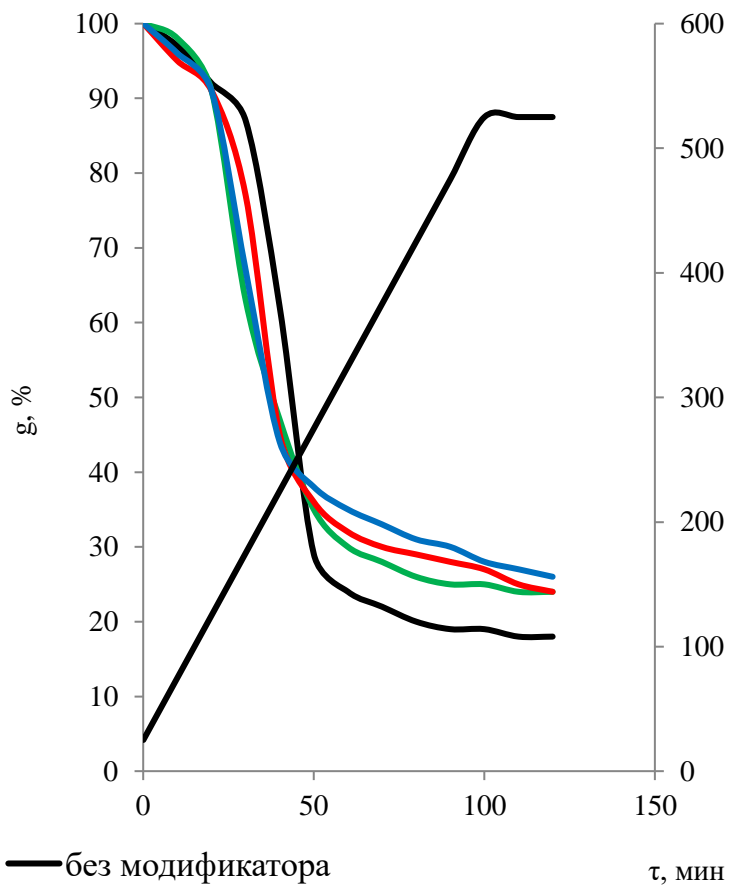
- ✓ Удобство при загрузке/выгрузке, благодаря хорошей сыпучести материала.
- ✓ Минимальное истирание и ломкость при транспортировке и механическом воздействии.
- ✓ Плотная загрузка адсорбера.
- ✓ Меньшие потери механической энергии на преодоление аэродинамического сопротивления





Опилки / Щепа

Этап подготовка сырья / порообразование



- без модификатора
- модифицирован серной кислотой
- модифицирован фосфорной кислотой
- модифицирован смесью кислот
- температура

Кривые терморазложения

Зависимость характеристик терморазложения древесины от вида модификатора

Параметры терморазложения	Модификатор			
	Без модиф	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	Смесь
Начальная температура разложения, °C	200	150	100	130
Температурный интервал максимальной потери массы, °C	230-250	170-220	140 - 230	150 - 210
Скорость разложения, %/мин	9,5	3,7	2,5	3,1
Выход углеродного остатка, %	19	24	24	27
Энергия процесса, кДж/моль	25	20	36	29



Параметры пористой структуры и технические характеристики активированных углей

Модификатор	Объем микропор, см ³ /г	П, %	МГ, мг/г
На основе опилок			
Без модиф.	0,38	-	210
H ₂ SO ₄	0,49	-	300
H ₃ PO ₄	0,54	-	315
На основе щепы			
Без модиф.	0,35	40	230
H ₂ SO ₄	0,51	55	320
H ₃ PO ₄	0,45	58	300
Прессованные опилки			
Без модиф.	0,38	55	200
H ₂ SO ₄	0,43	65	280
H ₃ PO ₄	0,51	63	305
Промышленные угли			
БАУ-А	0,22-0,25	≥60	165
ОУ-А (Россия)	0,28-0,29	-	≥225



Этап порообразования

Модифицирование фуллеренами

Карбонизация

Дериватография

максимальная потеря массы (обгар)

не модифицированного фуллеренами – 444 °С (23,18 КДж/г)

модифицированного фуллеренами – 418 °С (22,80 КДж/г).

Активация

La, нм

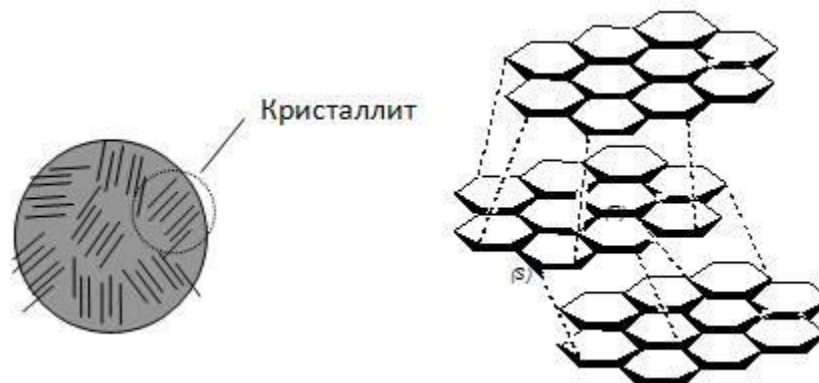
Lc, нм

5.4

2,4

3.5

1,9



Параметры получения и характеристики углеродных адсорбентов

	Ws, см ³ /г	прочность, %	Sуд, м ² /г	МГ, мг/г	Объем микропор, см ³ /г
Немод.	0.30	75	1350	207	0.20
Мод.	0.34	75	1095	210	0.24



Этап упрочнения

Лигнин

Этап порообразования

Добавление фенол-лигнино-формальдегидной смолы

Контролируемая активация

Углеродное молекулярное сито

$W_s, \text{см}^3/\text{см}^3$

Упрочнение – 97-99 %

Степень обгара, %	Образец	Объем микропор, $\text{см}^3/\text{см}^3$	X, нм
15	Лигнин	0.09	0.55
	Лигнин + добавка	0.19	0.56
25	Лигнин	0.10	0.58
	Лигнин + добавка	0.23	0.59
35	Лигнин	0.11	0.60
	Лигнин + добавка	0.25	0.64

CH_3OH 0.44нм	0.30
н-октан 0.49нм	0.07
C_6H_6 0.58нм	0.07
изооктан 0.67нм	0.07
CCl_4 0.69нм	0.07





КСАМ = Углеродные отходы + минеральные отходы

Формообразование / Упрочнение / Порообразование

Параметры пористой структуры исходных материалов

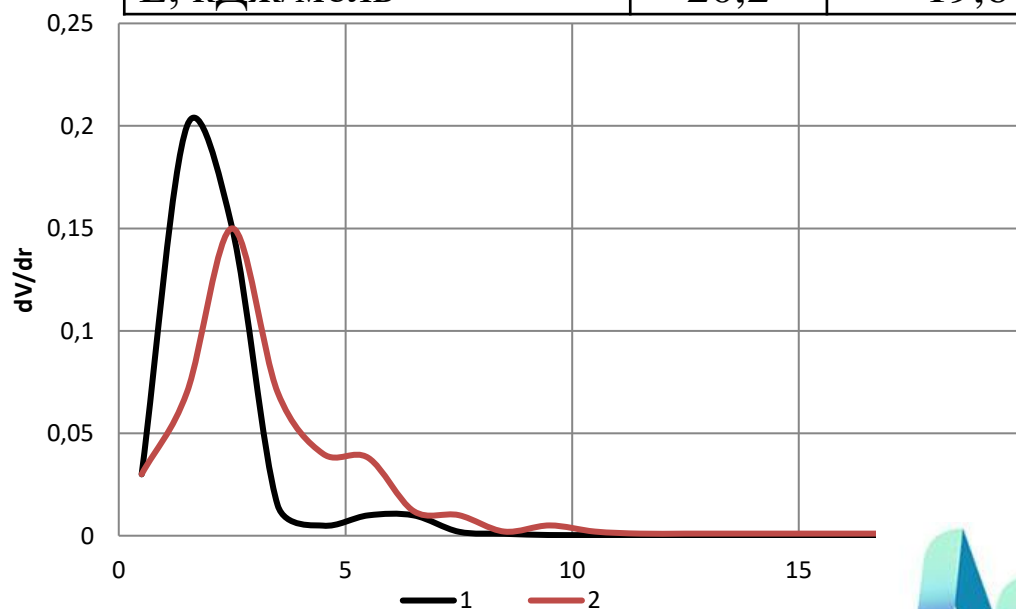
Компонент	W_s , см ³ /г	$S_{уд}$, м ² /г	ПОЕ, мг-экв/г
Отход/покрышки	0,33	32	0,00
Отход/глина	0,05	10	1,24
Глина	0,08	8	0,28





КСАМ = Углеродные отходы + минеральные отходы

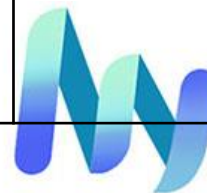
Связующее	Глина / отход	Глина / продукт
Суммарный объем пор, $\text{см}^3/\text{Г}$	0,452	0,439
$V_{\text{ме}}, \text{см}^3/\text{Г}$	<u>0,402</u>	<u>0,409</u>
$W_0, \text{см}^3/\text{Г}$	0,055	0,035
$E, \text{кДж/моль}$	20,2	19,6





Публикации 2022

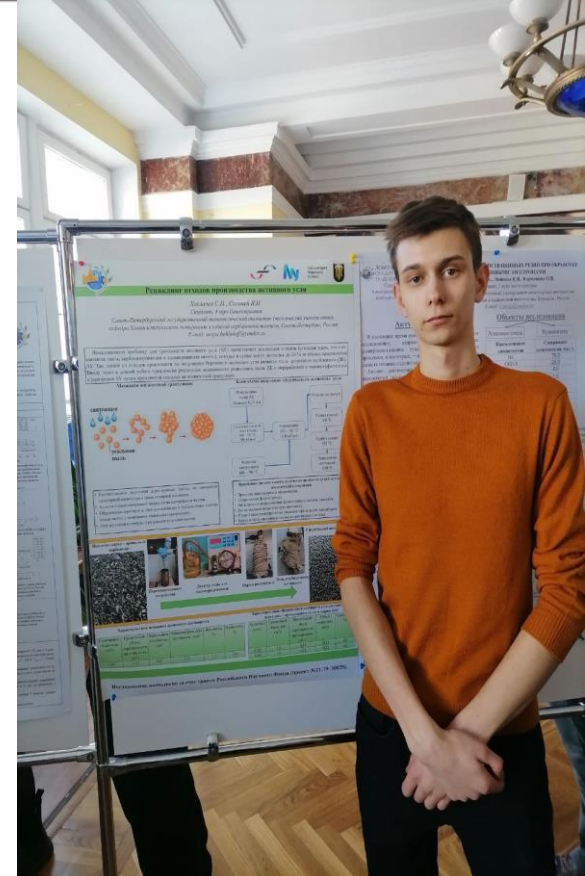
№	Наименование	Журнал	Степень готовности
1	Получение композиционных сорбционно-активных материалов на основе продуктов переработки автомобильных покрышек и глинистых материалов.	Физикохимия поверхности и защита материалов	Редактирование готовой статьи
2	Получение адсорбентов из отходов гидролизной промышленности.	Химия и химическая технология (ЭКиП)	Редактирование статьи. Финансовая договоренность с журналом имеется
3	Получение сферических углеродных адсорбентов из отходов древесного карбонизата.	ЖПХ (ЖФХ)	Получены результаты, статья формируется
4	Получение химического поглотителя диоксида углерода из золы ТЭЦ.	ЖФХ (ЖПХ)	Получены результаты
5	Получение углеродных адсорбентов из лигнина.	Теоретические основы химической технологии	Получены результаты
6	Vyacheslav Samonin, Vera Morozova, Alexandr Garabadzhiu. Production of Carbon Adsorbents from Hydrolysis Industry Waste and Methods for their Modification	Adsorption	Направлена
7	V.V.Samonin, E.A.Spiridonova, M.L.Podvyaznikov, E.D.Khrylova, S.P.Khokhlachev, L.Klishevskaya «Product ion of activated carbons from waste of the woodworking industry»	Журнал «Известия вузов. Серия «Химия и химическая технология»	Готова к отправке – акт экспертизы у ректора на подписи





Публикации 2022

- Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов - 2022» в секции «Химия», подсекции «Химическая технология и новые материалы» в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова со стендовым докладом на тему «Рециклинг отходов активного угля»





Заключение

Показаны новые технологические приемы получения сорбентов на основе отходов различного происхождения для достижения развитой пористой структурой (преимущественно микро и мезопор)

