

вания информации мониторинга, пользовательских интерфейсов для предоставления информации в необходимом формате пользователю. Источниками дополнительной информации являются механические и программные средства ВСРМ, а также модули ГЛОНАСС. Между архитектурными элементами данные передаются с помощью соответствующих интерфейсов.

Использование данного способа позволит повысить эффективность управления транспортно-технологическими схемами перемещения круглых лесоматериалов в цепи поставок, а также повысить объективность контроля и сократить сроки определения легальности заготовки круглых лесоматериалов. Используемая в способе технология ПАВ РЧИД вкупе с ИКТ дадут возможность пользователям не проводить инвентаризацию участков цепи поставок, оперативно принимать решения, полагаясь на достоверную информацию мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1 Mstislav Simonenkov, Ivan Bacherikov, Ero Salminen, Svetlana Dabezha, Tracking Technologies for Automatic Identification of Individual Timber Products. Forthcoming in Croatian Journal of Forest Engineering.

2 Симоненков М., Салминен Э., Бачериков И. Заявка на патент РФ номер 2015102873 «Способ мониторинга перемещения и автоматического контроля легальности заготовки круглых лесоматериалов в цепи поставок» 2015.

УДК 661.183.2

Н.И. Богданович, проф., д-р техн. наук;

Е.А. Лагунова, ассист.; Л.Н. Кузнецова, доц., канд. техн. наук;

С.А. Цаплина, доц., канд. техн. наук

e.lagunova@narfu.ru (С(А)ФУ имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, РФ)

ПОРИСТАЯ СТРУКТУРА АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ТЕРМО-ХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА С NaOH

Для целлюлозно-бумажной промышленности важным является рациональное использование всех сырьевых ресурсов. Получение новых видов продукции и дополнительной энергии из побочных продуктов производства представляет огромный интерес и может привести к уменьшению затрат на производство, а активные угли могут быть применены для решения экологических проблем отрасли.

Проводимые нами исследования показали, что возможно получать активные угли с высокими сорбционными свойствами из черного щелока и при этом в производство будут возвращены химикаты, используемые при варке целлюлозы. На формирование сорбционных свойств и регенерацию реагентов при пиролизе черного щелока боль-

шое влияние имеют режимные параметры, такие как температура, продолжительность пиролиза, дозировка гидроксида натрия [1]. На основе имеющихся данных границы экспериментального исследования были ограничены верхним пределом дозировок в 300% по отношению к сухим веществам черного щелока. Дозировка 300% является наиболее целесообразной при обработке органических материалов с невысокой начальной зольностью. Черный щелок отличается высоким содержанием зольных элементов, причем в составе золы преобладают соли натрия. Поэтому, опыты показали, что для формирования максимальных сорбционных свойств активного угля расход щелочи можно существенно снизить (до 160 %) по сравнению с аналогичными процессами, осуществляемыми с техническими лигнинами другого происхождения [2, 3].

Были проведены исследования пиролиза черного щелока в режиме химической активации с получением активных углей. Исходный щелок с содержанием сухих веществ 71-72% смешивали с расчетным количеством гидроксида натрия в пересчете на абсолютно сухие вещества. В дальнейшем проводили пиролиз смеси. Полученные угли были исследованы на сорбционную активность по двум основным сорбатам: метиленовой голубой и йод.

Для анализа были выбраны несколько образцов, полученных при разных условиях. В таблице 1 приведены режимные параметры и сорбционные свойства по йоду и метиленовой голубой (МГ) полученных углей. Полученные результаты показали, что образцы отличаются высокими сорбционными свойствами, значительно превышающими таковые для аналогичных углей, выпускаемых промышленностью.

Таблица 1 - Характеристика условий получения и сорбционных свойств углей

№ образца	Доза NaOH	Температура пиролиза, °С	Продолжительность пиролиза, мин	Сорбция йода, %	Сорбция МГ, мг/г
1	0,8	700	30	167,5	667,8
2	0,8	700	50	165,0	621,1
3	1,1	700	50	182,8	789,4
4	0,95	650	57	150,8	683,6

Наилучшими условиями синтеза углей из представленных данных является доза NaOH 1,1 по отношению к сухим веществам черного щелока, температура пиролиза 700°С и продолжительность 50 минут. В этих условиях синтеза угли сорбируют йод 182,8%, а метиленовый голубой 789,4 мг/г, что более чем в 3 раза превышает требования ГОСТа к активным углям подобного класса.

Одним из показателей эффективности активных углей является развитая пористая структура. Поэтому при оценке углеродных адсор-

бентов важные значение имеют такие показатели, как величина удельной поверхности, объем пор и распределение пор по размерам. Такую информацию дает анализ изотерм низкотемпературной адсорбции азота полученных при температуре 77 К и относительном давлении P/P_0 от 0 до 1 на приборе ASAP 2020 MP.

На рисунке 1 представлены изотермы адсорбции образцов. Полученные изотермы относятся к I типу по классификации Брунауэра, характерные для микропористых твердых тел, содержащих в значительном количестве мезопоры.

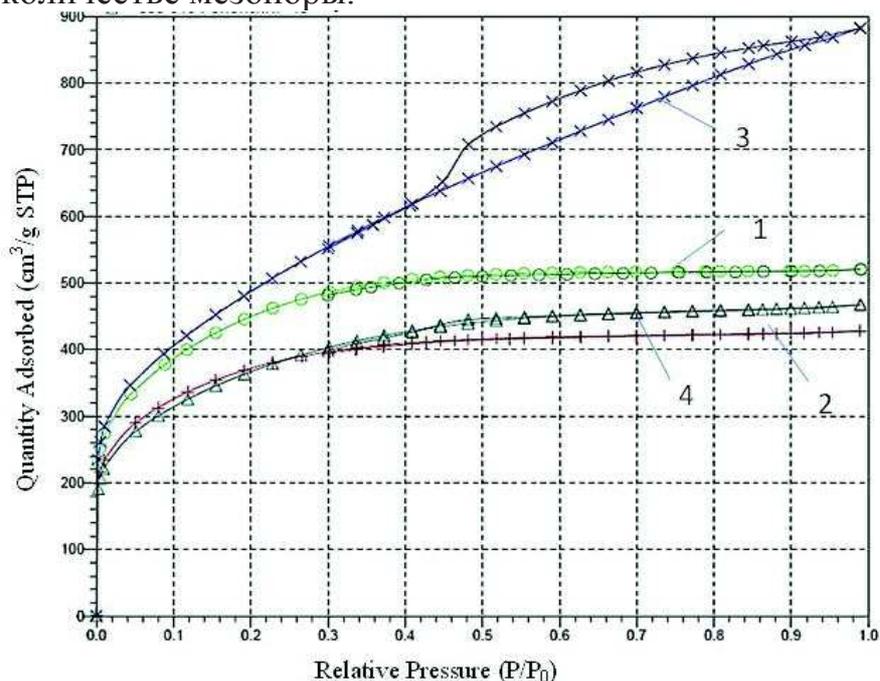


Рисунок 1 - Изотермы низкотемпературной адсорбции азота

Обращает на себя внимание, что образцы № 1, 2 и 4 представлены в основном микропорами, так как после первоначального крутого восхождения изотерма выходит практически на плато. И лишь образец № 3 характеризуется наличием четкого гистерезиса в интервале относительных давлений от 0,45 до 0,95. Кроме того изотерма этого образца не выходит на плато и характеризуется постепенным подъемом во всем интервале относительных давлений.

Таблица 2 - Результаты анализа удельной поверхности и пористости по некоторым общепринятым методам исследуемых образцов

№	Уд. площадь поверхности по BET, м ² /г	V _{micro} по методу Н-К, см ³ /г	Уд. площадь поверхности мезопор по методу ВЖ, м ² /г	Общий объем пор/ объем микропор по BET, см ³ /г	Ср. размер микропор по методу Н-К, нм
1	1438	0,62	129	0,81/0,62	1,15
2	1166	0,52	96	0,66/0,52	1,15
3	1710	0,65	774	1,15/0,65	1,16
4	1208	0,50	204	0,72/0,50	1,17

Изотермы адсорбции-десорбции азота использовались для расчета параметров пористой структуры следующими методами: удельная поверхность образцов рассчитывалась по известному методу ВЕТ; по десорбционной ветви изотермы определяли объемы мезопор и их распределение по размерам методом Barrett-Joyner-Halenda (BJH), объемы и распределение микропор по размерам в исследованных образцах оценивались методами Horvath-Kawazoe (H-K).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что активные угли, полученные из черного щелока методом термохимической активации отличаются высокой удельной поверхностью, достигающей по ВЕТ 1710 м²/г (образец № 3). Объем микропор составляет при этом 56...78 % от общего объема пор. Причем размер микропор составляет около 1,15...1,17 нм, что четко характеризует их как супермикропоры. Подобные активные угли, а именно с развитой супермикропористой структурой наиболее пригодны для работы в жидких средах. В частности для очистки воды и сточных вод [4], а также в качестве электродных материалов в производстве суперконденсаторов. Последнее направление наиболее привлекательно для получения активных углей, так как подобные угли отличаются высокой стоимостью.

ЛИТЕРАТУРА

1 Богданович, Н. И. Пиролиз технических лигнинов / Н.И. Богданович // Изв. ВУЗов: Лесной журнал, 1998 – № 2. – С. 120–132.

2 Лагунова, Е. А. Пиролиз черного щелока с получением активных углей и регенерацией химикатов / Е. А. Лагунова, Н. И. Богданович, Л. Н. Кузнецова, С. А. Цапина // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы Международной науч.-техн. конф., Минск, 2014. – С. 127-131.

3 Богданович, Н. И. Углеродные адсорбенты на основе лигноцеллюлозных материалов / Н. И. Богданович, Ю. А. Саврасова, Н. А. Макаревич, М. Г. Белецкая // Изв. ВУЗов: Лесной журнал, 2012. – №1. – С. 107–112.

4 Богданович, Н. И. Использование активных углей из черного щелока в процессах приготовления питьевой воды / Н. И. Богданович, Л. Н. Кузнецова, Л. В. Артемова // Материалы междунар. экологич. форума стран Баренц-региона, Архангельск, 2001. – С. 165-166.