

УДК 674.8 : 661.183.12

## ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ИОНООБМЕННИКОВ НА ОСНОВЕ ОСИНОВОГО УГЛЯ

Ю.Л. ЮРЬЕВ – доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой химической технологии древесины,  
биотехнологии и наноматериалов  
e-mail: charekat@mail.ru\*

Н.А. ДРОЗДОВА – кандидат технических наук,  
ведущий эколог МУП ЖКХ «Сысертское»,  
624022, Россия, Свердловская область, г. Сысерть,  
ул. Коммуны, 48, e-mail: drozdova-na@mail.ru

И.К. ГИНДУЛИН – кандидат технических наук,  
доцент кафедры химической технологии древесины,  
биотехнологии и наноматериалов,  
e-mail: tradeek@mail.ru\*

\*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

**Ключевые слова:** осина, осиновый уголь, ионообменники, активные угли, окисленный уголь, окисление, очистка воды.

Как сырьё для пиролиза осина используется сравнительно редко, хотя ее основные запасы сосредоточены именно в обжитых районах РФ. Это обстоятельство указывает на актуальность решения вопросов, связанных с получением и переработкой осинового угля.

Более 80 % древесного угля в РФ производится из березовой древесины. В соответствии с ГОСТ 7657 осиновый уголь относится к марке Б и по качеству может быть отнесен к первому или второму сорту. Основными показателями качества осинового угля являются содержание нелетучего углерода (88 и 77 %, для первого и второго сорта соответственно) и зольность (2,5 и 3 % для первого и второго сорта соответственно).

Поскольку прочность осинового угля невысока, при его производстве образуется повышенное количество угольной мелочи, которая практически не имеет сбыта. Наиболее реальный способ ее утилизации – брикетирование. При этом свойства получаемых брикетов можно регулировать в широких пределах, изменяя режим брикетирования и термообработки сырых брикетов.

На основе осинового угля вполне возможно получение углеродных ионообменников. К ним относятся активные угли, проявляющие свойства анионообменников, и окисленный уголь, имеющий свойства катионообменника.

Опыты по активации осинового угля показали, что на его основе возможно получение дробленого активного угля типа БАУ при расходе водяного пара не выше 2 кг/кг угля, температуре активации не выше 850 °С и продолжительности процесса, равной 1,5 ч. Интересно, что активность по йоду для осинового активного угля была на 7 % выше, чем этот же показатель для березового активного угля, полученного в тех же условиях.

По нашему мнению, для осинового угля с учетом его невысокой прочности более перспективна переработка не на дробленые, а на порошковые активные угли.

Нами показано, что окисление активного угля горячим воздухом приводит к образованию поверхностных кислородсодержащих групп, материал при этом начинает проявлять свойства катионообменника.

Получаемый продукт – окисленный древесный уголь – может использоваться в химической промышленности, радиохимии, машиностроении и других отраслях народного хозяйства. В частности нами показана высокая эффективность совместного использования активного и окисленного углей для доочистки воды в пищевой промышленности.

## GETTING CARBON ION-EXCHANGERS ON ASPEN CHARCOL BASE

Y.L. YURYEV – doctor of engineering sciences, Professor,  
head of the Department of chemical technology of wood,  
biotechnology and nano-materials  
e-mail: charekat@mail.ru\*

N.A. DROZDOVA – candidate of engineering sciences,  
ecologist, municipal unitary enterprise of housing  
and communal services «Sysertsкое»,  
Communes, 48, Sysert,  
Sverdlovsk oblast, Russia, 624022,  
e-mail: drozdova-na@mail.ru

I.K. GINDULIN – candidate of engineering sciences,  
Associate Professor, Department of chemical technology of wood,  
e-mail: tradeek@mail.ru\*

\*Ural State Forest Engineering University,  
620100, Russia, Yekaterinburg, Sibirskiy Trakt, 37

**Keywords:** *Aspen, Aspen charcoal, ion-exchangers, active charcoals, oxidized charcoal, oxidation, water treatment.*

As raw materials for pyrolysis, Aspen is used relatively rarely, although its main resources concentrated in their areas of the Russian Federation. This fact points to the urgency of addressing the issues associated with receiving and processing Birch charcoal. More than 80 % of charcoal in the Russia is made from Birch wood. In accordance with GOST 7657, Aspen charcoal refers B mark and quality can be attributed to the first or second class. Main indicators of charcoal quality are fixed carbon content (88 and 77 % for the first and second grades, respectively) and ash content (2.5 and 3 % for class I and class II, respectively).

Because the strength of the Birch charcoal is low, producing increased amount of charcoal is formed, which has virtually no marketing. The most realistic method to recycling-briquetting. The properties of received briquettes can be adjusted in a wide range, changing the mode of the briquetting and thermal treatment of damp bricks. It is possible receive ion-exchangers on Aspen charcoal base. These include active charcoals, exhibiting properties anion-exchanger and oxidized charcoal, has cation-exchanger properties.

Experiments on an activated charcoal showed that, on this basis, it is possible to obtain crushed active charcoal type BAU at the expense of water vapor is not above 2 kg/kg charcoal activation temperature not above 850 °C and duration equal to 1.5 hour process. Interestingly, the activity of iodine for Aspen active charcoal was 7 % higher than the same indicator for Birch active charcoal obtained under the same conditions. In our opinion, Aspen charcoal, given its low durability, more promising processing not on crushed and on powder active charcoals. Us shows that active charcoal hot air oxidation leads to the formation of surface oxygenated groups, while material begins to show the properties of the cation-exchanger.

The resulting product is oxidized charcoal, can be used in the chemical industry, radiochemistry, engineering and other industries. In particular, we have shown high efficiency of active sharing and oxidized charcoal for water purification in the food industry.

Осина (*Populus tremula* L.) является одной из доминирующих древесных пород в лесном фонде Российской Федерации [1, 2]. Последнее объясняется наблюдающейся сменой пород после проведения сплошнолесосечных, особенно концентрированных рубок в хвойных насаждениях [3–7]. Однако из-за поражения гнилями указанная порода неохотно вовлекается в эксплуатацию.

Как сырьё для пиролиза осина используется сравнительно редко, хотя ее основные запасы сосредоточены именно в обжитых районах РФ. Это обстоятельство указывает на актуальность решения вопросов, связанных с получением и переработкой осинового угля [8, 9].

Более 80 % древесного угля в РФ производится из березовой древесины. В соответствии с ГОСТ 7657 осинового угля относится к марке Б и по качеству может быть отнесен к первому или второму сорту [10]. Основными показателями качества осинового угля являются содержание нелетучего углерода (88 и 77 % для первого и второго сорта соответственно) и зольность (2,5 и 3 % для первого и второго сорта соответственно).

Поскольку прочность осинового угля невысока, при его производстве образуется повышенное количество угольной мелочи, которая практически не имеет сбыта. Наиболее реальный способ ее утилизации – брикетирование. При этом можно не закупать связующий материал для брикетов, а выделять его из парогазовой

смеси, образующейся при пиролизе осинового угля [11]. Свойства получаемых брикетов можно регулировать в широких пределах, изменяя режим брикетирования и термообработки сырых брикетов.

На основе осинового угля вполне возможно получение углеродных ионообменников. К ним относятся активные угли (АУ), проявляющие свойства анионообменников, и окисленный уголь, имеющий свойства катионообменника.

Перспективным способом переработки осинового угля, по нашему мнению, является его активация с получением дробленых или порошковых активных углей. Хорошие результаты при этом дает применение технологии, включающей использование в качестве активирующего агента водяного пара [12] и активацию в специальной печи с Z-образной вставкой [13, 14].

Опыты по активации осинового угля, проведенные нами по такой технологии, показали, что на основе осинового угля возможно получение дробленого активного угля типа БАУ при расходе водяного пара не выше 2 кг/кг угля, температуре активации не выше 850 °С и продолжительности процесса, равной 1,5 ч. Интересно, что активность по йоду для осинового активного угля была на 7 % выше, чем этот же показатель для березового активного угля, полученного в тех же условиях [15].

По нашему мнению, для осинового угля с учетом его невысокой прочности более перспек-

тивна переработка не на дробленые, а на порошковые активные угли.

Нами показано, что окисление активного угля горячим воздухом приводит к образованию поверхностных кислородсодержащих групп, материал при этом начинает проявлять свойства катионообменника. Для окисления осинового активного угля можно использовать установку [16], показанную на рисунке.

Осиновый активный уголь подается через воронку 1 из расположенного над ней бункера. Под верхней частью металлической сетки транспортера 5 имеется несколько опорных роликов 4. Количество АУ, вытягиваемого из бункера, зависит от установленной высоты заслонки предварительного выравнивания слоя угля 6. Затем уголь проходит через заслонку окончательного выравнивания слоя 7. Благодаря заслонкам обеспечивается равномерное окисление материала. Затем продукт поступает в камеру окисления 3, в которую через линию подачи 9 нагнетается нагретый в электрокалорифере 8 воздух, который затем выбрасывается в атмосферу через линию отработанного воздуха.

Получаемый продукт – окисленный древесный уголь – может использоваться в химической промышленности, радиохимии, машиностроении и других отраслях народного хозяйства. В частности нами показана высокая эффективность совместного использования активного и окисленного угля для доочистки воды в пищевой промышленности.

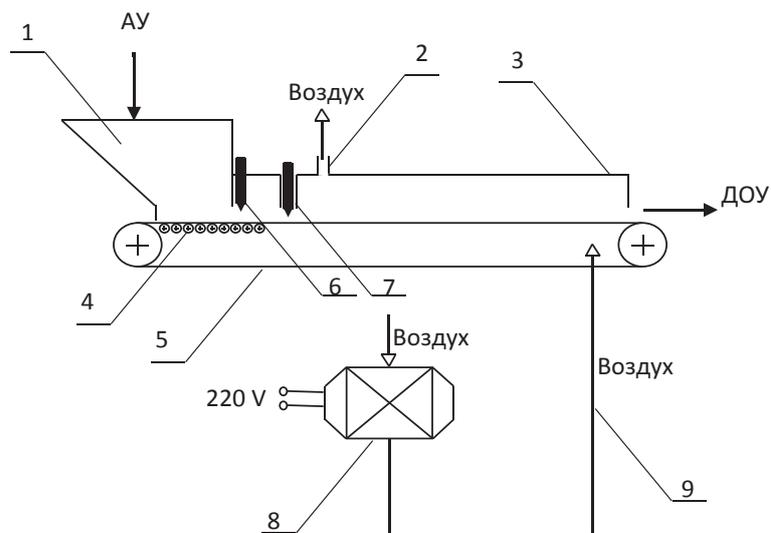


Схема установки

Состав: 1 – воронка; 2 – отработанный воздух; 3 – камера окисления; 4 – ролики опорные;  
 5 – сетка металлическая; 6 – заслонка предварительного выравнивания слоя угля;  
 7 – заслонка окончательного выравнивания слоя угля; 8 – электрокалорифер;  
 9 – линия подачи горячего воздуха на окисление

Composition: 1 – funnel; 2 – exhaust air; 3 – camera for oxidation; 4 – supporting rollers;  
 5 – mesh; 6 – valve pre-alignment of the layer of charcoal; 7 – flap final alignment of the layer of charcoal;  
 8 – heater; 9 – the line of the hot air for oxidation

### Библиографический список

1. Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 432 с.
2. Хайретдинов А.Ф., Залесов С.В. Введение в лесоводство. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 202 с.
3. Луганский Н.А., Залесов С.В., Щавровский В.А. Повышение продуктивности лесов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 1995. 297 с.
4. Луганский Н.А., Залесов С.В., Азаренок В.А. Лесоводство. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2001. 320 с.
5. Дебков Н.М., Залесов С.В. Возобновительные процессы под пологом насаждений, сформировавшихся из сохраненного подроста предварительной генерации // Аграрный вестник Урала. 2012. № 9(101). С.39–41.
6. Азаренок В.А., Залесов С.В. Экологизированные рубки леса. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 97 с.
7. Дебков Н.М., Залесов С.В., Оплетаев А.С. Обеспеченность осинников средней тайги подростом предварительной генерации (на примере Томской области) // Аграрный вестник Урала. 2015. № 12 (142). С. 48–53.
8. Юрьев Ю.Л., Солдатов А.В. Термохимическая переработка древесины в условиях лесопромышленного предприятия // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2005. № 3. С. 113–118.
9. Юрьев Ю.Л., Терентьев В.Б., Самойленко С.А. Проблемы переработки неликвидной лиственной древесины // Леса России и хоз-во в них. 2013. № 1(44). С. 111–112.
10. Юрьев Ю.Л. Технология лесохимических производств. Ч. 1: Пиролиз древесины. Екатеринбург, 1997. 99 с.

11. Пат. 118960 Российская Федерация, МПК9 С 10 В 53/00. Установка для производства древесного угля и шихты / Пономарев О.С., Юрьев Ю.Л.; заявл. 21.02.12; опубл. 10.08.12, Бюл. № 22.
12. Пат. 98189 Российская Федерация, МПК9 С 10 L 5/00. Установка для пиролиза древесины / Пономарев О.С., Юрьев Ю.Л., Гиндулин И.К.; заявл. 20.05.10; опубл. 10.10.10, Бюл. № 28.
13. Пат. 2051097 Российская Федерация, МПК6 С 01 В 31/10, С 23 С 8/00. Способ активации карбонизованных материалов / Панюта С.А., Юрьев Ю.Л., Стахровская Т.Е., Шишко И.И.; заявл. 25.11.92; опубл. 27.12.95, Бюл. № 12.
14. Дроздова Н.А., Юрьев Ю.Л. Изучение сорбционных свойств активного угля в статических условиях // Вестник Казан. технол. ун-та. 2013. Т. 16. № 19. С. 83–84.
15. Дроздова Н.А., Юрьев Ю.Л. Активация березового и осинового угля // Вестник Казан. технол. ун-та. 2012. Т. 15. № 13. С. 147–148.
16. Пат. 71655 Российская Федерация, МПК9 С10В1/04. Установка для получения окисленного древесного угля / Юрьев Ю.Л., Гиндулин И.К.; заявл. 12.11.07; опубл. 20.03.08, Бюл. № 8.

### *Bibliography*

1. Luganskij N.A., Zalesov S.V., Luganskij V.N. Dendrology. Yekaterinburg: USFEU, 2010. 432 p.
  2. Khayretdinov A.F., Zalesov S.V. Introduction to forestry. Yekaterinburg: USFEU, 2011. 202 p.
  3. Luganskij N.A., Zalesov S.V., Schavrovskij V.A. Increase productivity of forests. Yekaterinburg: USFEU, 1995. 297 p
  4. Luganskij N.A., Zalesov S.V., Azarenok V.A. Forestry. Yekaterinburg: UAFEA. 2001. 320 p.
  5. Debkov N.M., Zalesov S.V. Resumption processes under the canopy, formed from a saved undergrowth provisional generation//Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. No. 9(101). P. 39–41
  6. Azarenok V.A., Zalesov S.V. Eco-friendly cuttings. Yekaterinburg: USFEU, 2015. 97 p.
  7. Debkov N.M., Zalesov S.V., Opletaev A.S. Availability of Aspen forests Middle Taiga teenager prior generation (on the example of the Tomsk Region)//Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. No. 12 (142). P. 48–53.
  8. Yuryev Y.L., Soldatov A.V. Thermochemical processing of wood in conditions of forestry enterprise // Forest magazine. 2005. № 3. P. 113–118.
  9. Yuryev Y.L., Terentyev V.B., Samoilenko S.A. Processing Problem of illiquid hardwood // Forests of Russia and forestry in them. 2013. № 1 (44). P. 111–112.
  10. Yuryev Y.L. Technology wood-chemical industry. Part 1: Pyrolysis of wood. Yekaterinburg, 1997. 99 p.
  11. Pat. 118960 Russia. IPC 9 С 10 В 53/00. Plant for the production of charcoal and blend / Ponomarev O.S., Yuryev Y.L.; Appl. 2.21.12; Publ. 08.10.12, Bulletin No. 22.
  12. Pat. 98189 Russia IPC 9 С 10 L 5/00. Installation for pyrolysis of wood / Ponomarev O.S., Yuryev Y.L., Gindulin I.K.; Appl. 20.05.10; Publ. 10.10.10, Bulletin No. 28.
  13. Pat. 2051097 Russia IPC 6 С 01 В 31/10, С 23 С 8/00. The method of activating the carbonized materials / Panyuta S.A., Yuryev Y.L., Stahrovskaja T.E., Shishko I.I.; Appl. 25.11.92; Publ. 27.12.95, Bulletin No. 12.
  14. Drozdova N.A., Yuryev Y.L. Study of the sorption properties of active coal and in static conditions // Herald of the Kazan Technological University. 2013. V.16. No. 19. P. 83–84.
  15. Drozdova N.A., Yuryev Y.L. Activation of Birch and Aspen charcoal // Herald of the Kazan Technological University. 2012. V. 15. No. 13. P. 147–148.
  16. Pat. 71655 Russia IPC С 10 В 1/04. A device for obtaining oxidized charcoal / Yuryev Y.L., Gindulin I.K.; Appl. 12.11.07; Publ. 20.03.08, Bulletin No. 8.
- 
-