

УДК 661.183.2

ДРЕВЕСНЫЙ УГОЛЬ ИЗ БЕРЕЗОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ ГОРЕЛЬНИКОВ

Е.В. ХАЛИМОВ – капитан внутренней службы,
преподаватель кафедры пожарной безопасности в строительстве,
e-mail: khalimov1964@mail.ru*

Т.В. ШТЕБА – кандидат технических наук,
доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов,
e-mail: shtebatv@yandex.ru*

И.К. ГИНДУЛИН – кандидат технических наук,
доцент кафедры химической технологии древесины,
биотехнологии и наноматериалов
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
e-mail: tradeek@mail.ru

* Уральский институт ГПС МЧС России

Ключевые слова: горельники, древесный уголь, нелетучий углерод, кажущаяся плотность.

Проведены исследования возможности использования березовой древесины горельников как сырья для получения древесного угля (ДУ). Для этого подготовлены образцы неповрежденной древесины и древесины горельников, взятые после пожара в лесных насаждениях поселка Шабровского Свердловской области. Пиролиз древесины проводился в диапазоне температур 400–700 °C при продолжительности 30–40 мин.

При невысокой температуре пиролиза (400 °C) выход ДУ из неповрежденной древесины существенно ниже, чем из древесины горельника, но с повышением конечной температуры пиролиза это различие сглаживается, а при температуре пиролиза выше 600 °C выход ДУ для обоих образцов различается менее чем на 1 %. Кажущаяся плотность ДУ из горельника снижается до температуры пиролиза 500 °C, а затем возрастает. Аналогичная зависимость наблюдается и для ДУ, полученного из неповрежденной пожаром древесины. Экстремальный характер изменения кажущейся плотности объясняется переходом углеродной матрицы ДУ в более упорядоченную структуру по мере повышения температуры пиролиза.

Результаты исследований показали, что для получения ДУ марки А высшего сорта из березовой древесины горельников вполне достаточна конечная температура пиролиза около 600 °C. При этом получаемый уголь имеет содержание нелетучего углерода 96 % при минимально допустимом 90 %, зольность – менее 2 % при максимально допустимой 2,5 %. С учетом существующих тенденций использования древесины невысокого качества переработка березовой древесины горельников вполне актуальна.

Такой уголь вполне может использоваться как сырьё для получения активных углей типа БАУ, для доочистки питьевой воды и в пищевой промышленности.

CHARCOAL MADE FROM BIRCH BURNT WOOD

E.V. KHALIMOV – Captain of the internal service,
lecturer of the Department of fire safety in construction,
e-mail: khalimov1964@mail.ru*

T.V. SHTEBA – Ph.d., Associate Professor,
Department of fire safety of technological processes,
e-mail: shtebatv@yandex.ru*

I.K. GINDULIN – Ph.d., Associate Professor,
Department of chemical technology of wood,
biotechnology and nano-materials,
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg,
e-mail: tradeek@mail.ru

* Ural Institute of SBS EMERCOM of Russia, Yekaterinburg

Keywords: burnt wood, charcoal, fixed carbon, apparent density.

Studies on the possibility of using Birch burnt wood as raw material for charcoal. For this purpose, prepared samples of intact wood and burnt wood, taken after the fire in forest stands the village of Shabrovsky in the Sverdlovsk region. Pyrolysis of wood was carried out in the temperature range of 400–700°C when the duration 30–40 min.

When low temperature pyrolysis (400°C) charcoal yield from undamaged wood significantly lower than from burnt wood, but with higher end temperature pyrolysis of this difference is smoothed, and at temperatures above 600°C yield of charcoal to both samples vary less than 1%. Apparent density charcoal of burnt wood pyrolysis temperature decreases up to 500°C, and then increases. A similar dependence has been observed to charcoal, obtained from undamaged by fire wood. The extreme nature of the changes apparent density explains the transition carbon matrix control more streamlined structure of pyrolysis temperature increases.

Research has shown that in order to charcoal a higher grade of Birch burnt wood is enough final temperature pyrolysis of about 600°C. While the resulting charcoal has 96% fixed carbon content with minimum 90%, ash content of less than 2% at the maximum allowable 2,5%. Given the existing trend of poor quality wood, Birch burnt wood processing completely valid.

This charcoal could well be used as a raw material for obtaining active carbon type BAU and used for the purification of drinking water and the food industry.

Введение

Статистика лесных пожаров в Российской Федерации за 2009–2015 гг. свидетельствует, что площадь земель, пройденных пожаром, ежегодно в среднем составляет более 4 млн га (больше, чем, например, территория Швейцарии или Дании), а количество пожаров – около 50 тыс. [1]. Площадь лесов, пройденных пожаром за этот период, показана на рис. 1.

Ежегодно лесные пожары причиняют огромный ущерб лесному фонду России и других стран мира [2]. При оценке ущерба необходимо учитывать не только стоимость лесных насаждений, погибших на корню, но и расходы по уходу за лесными культурами в первые 5–10 лет (не менее 20 тыс. руб. на один гектар) и т.п.

Поврежденные пожаром лесные участки, на которых насаж-

дения погибли частично, так называемые горельники, характеризуются пониженной влажностью древесины. Показано, что наибольшую влажность после сильного низового и верхового пожара имеет нижняя часть ствола, примерно до высоты 1 м [3]. Древесина, подвергшаяся воздействию огня, достаточно быстро теряет свои физико-механические свойства, что резко сужает области её применения.

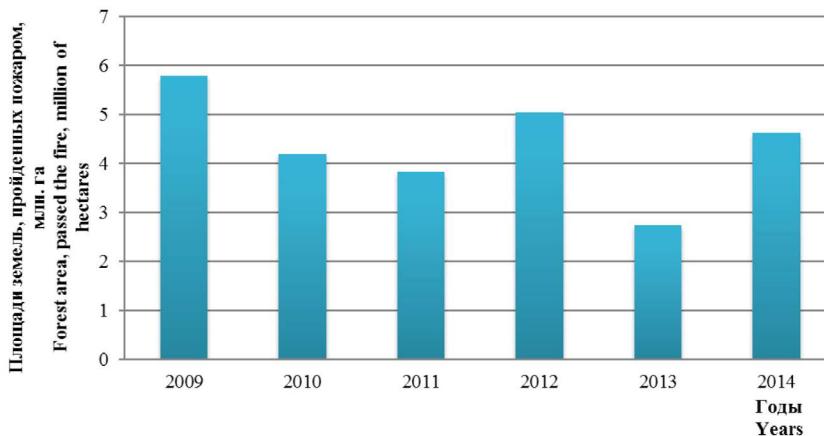


Рис 1. Площадь лесов, пройденных пожаром
Figure 1. Forest area, passed the fire

В случае повторного возгорания огонь получает быстрое распространение по сухостою. В лесах, не очищенных от завалов мертвой сухой древесины, даже относительно слабый источник огня может вызвать крупный и очень интенсивный пожар, что приведет к еще более значительному ущербу [4–6]. Избежать подобной опасности и последствий возможно вовлечением древесины горельников в переработку.

Не являются в этом плане исключением березовые насаждения, которые доминируют в лесном фонде ряда регионов Российской Федерации [7] и сильно страдают от лесных пожаров, особенно весной и осенью [8].

Цели и методы исследований

Нами проведены исследования возможности использования березовой древесины горельников как сырья для получения древесного угля (ДУ). С этой целью подготовлены образцы неповрежденной древесины и древесины горельников, взятые после пожара в лесных насажд-

дениях поселка Шабровского Свердловской области.

Установка пиролиза состояла из вращающейся реторты, которая размещалась в муфельной печи с контролируемой температурой обогрева. Образовавшаяся при пиролизе парогазовая смесь отбиралась в систему конденсации.

Пиролиз древесины проводился в диапазоне температур 400–700 °C при продолжительности 30–40 мин. Эти параметры нами выбраны на основе предыдущих исследований пиролиза древесины, проведенных на кафедре химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов УГЛТУ.

Для получения адекватных математических моделей процесса пиролиза составлена матрица планирования полного факторного эксперимента типа 2². В качестве факторов приняты конечная температура пиролиза и продолжительность процесса, в качестве функций отклика – выход древесного угля, содержание в нем нелетучего углерода, кажущаяся плотность, содержа-

ние золы. Выбранные функции отклика являются стандартными показателями качества ДУ.

Для указанных диапазонов действующих факторов получены уравнения регрессии. Определены коэффициенты уравнений регрессии, и проведена проверка их значимости. Сопоставление расчетного и табличного критериев Фишера показали адекватность выбранной модели.

Результаты исследований и их обсуждение

Сопоставление зависимостей функций отклика от конечной температуры пиролиза показало для обоих образцов одинаковый характер. Так, влияние конечной температуры пиролиза на выход ДУ ослабевает с ростом температуры (рис. 2), что связано с повышением термоустойчивости образующейся углеродной матрицы.

Как видно из рис. 2, при низкой температуре пиролиза (400 °C) выход ДУ из неповрежденной древесины существенно ниже, чем из древесины горельника, но с повышением конечной температуры пиролиза это различие стягивается, а при температуре пиролиза выше 600 °C выход ДУ для обоих образцов различается менее чем на 1 %. Полученную зависимость можно объяснить различием химического состава исходной древесины, что оказывает влияние при сравнительно невысоких температурах пиролиза (до 500 °C). В древесине горельника определено повышенное суммарное содержание основных углеобразующих компонентов

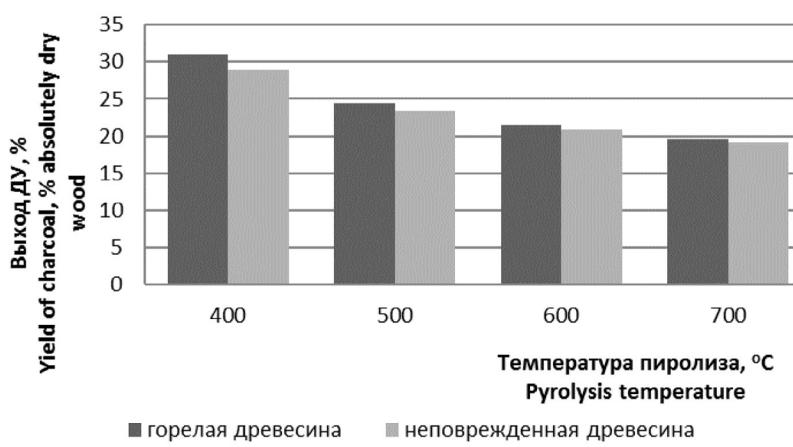


Рис. 2. Зависимость выхода ДУ от конечной температуры пиролиза
Fig. 2. The dependence of the yield of the charcoal from the final process temperature (dark – burnt wood, light – intact wood)

(целлюлозы и лигнина) – 68 %. Для неповрежденной древесины этот показатель ниже и составляет 65,2 %.

На содержание нелетучего углерода в ДУ, полученном при конечной температуре 500 °C, основное влияние оказывает температура (более чем в два раза более сильное, чем продолжительность). При более высоких температурах влияние продолжительности процесса становится незначимым.

С повышением конечной температуры пиролиза увеличивается содержание нелетучего углерода в ДУ, но при этом снижается выход продукта. Мы считаем, что

при получении ДУ из древесины горельников повышать температуру пиролиза выше 600 °C нецелесообразно по экономическим соображениям.

В исследуемом диапазоне действующих факторов содержание золы в ДУ колебалось в пределах 1,5–2 %, т.е. не превышало требований стандарта.

На суммарный объём пор получаемого ДУ некоторое влияние оказывает только температура проведения процесса пиролиза, хотя и ее действие постепенно ослабевает.

Какущаяся плотность ДУ из горельника снижается до температуры пиролиза 500 °C, а затем

возрастает. Аналогичная зависимость наблюдается и для ДУ, полученного из неповрежденной пожаром древесины. Экстремальный характер изменения кажущейся плотности объясняется переходом углеродной матрицы ДУ в более упорядоченную структуру по мере повышения температуры пиролиза.

Выводы

Результаты наших исследований показали, что для получения ДУ марки А высшего сорта из берёзовой древесины горельников вполне достаточна конечная температура пиролиза около 600 °C. При этом получаемый уголь имеет содержание нелетучего углерода 96 % при минимально допустимом 90 %, зольность – менее 2 % при максимально допустимой 2,5 %. С учетом существующих тенденций использования древесины невысокого качества [9, 10] переработка берёзовой древесины горельников вполне актуальна.

Такой уголь может использоваться как сырьё для получения активных углей типа БАУ, для доочистки питьевой воды и в пищевой промышленности [11, 12].

Библиографический список

- Кректунов А.А., Залесов С.В. Охрана населенных пунктов от природных пожаров. Екатеринбург: Урал. ин-т ГПС МЧС России, 2017. 162 с.
- Шубин Д.А., Залесов С.В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-берёзового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 127 с.
- Платонов А.Д., Курьянова Т.К., Макаров А.В. Распределение влаги по стволу дерева, пораженного огнем // Лесотехн. журн. 2011. № 3. С. 27–31.
- Залесов С.В., Миронов М.П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.

5. Защита населенных пунктов от природных пожаров / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, А.А. Кректунов, Е.П. Платонов // Аграрн. вестник Урала. 2013. № 2 (108). С. 34–36.
6. Залесов С.В., Залесова Е.С., Оплетаев А.С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 67 с.
7. Казанцев С.Г., Залесов С.В., Залесов А.С. Оптимизация лесопользования в производных березняках Среднего Урала. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. 156 с.
8. Шубин Д.А., Залесов С.В. Послепожарный отпад деревьев в сосновых насаждениях Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края // Аграрн. вестник Урала. 2013. № 5 (111). С. 39–41.
9. Юрьев Ю.Л. Тенденции развития технологии пиролиза древесины // Леса России и хоз-во в них. 2016. № 3 (58). С. 58–63.
10. Юрьев Ю.Л., Солдатов А.В. Термохимическая переработка древесины в условиях лесопромышленного предприятия // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2005. № 3. С. 113–118.
11. Юрьев Ю.Л., Дроздова Н.А., Панова Т.М. Доочистка артезианской воды с применением модифицированных древесных углей // Вестник Казан. технол. ун-та. 2013. Т. 16. № 19. С. 85–86.
12. Исследование возможности применения древесного угля для стабилизации пива / Ю.Л. Юрьев, Т.М. Панова, Н.А. Дроздова, К.Ю. Тропина // Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. жур. 2010. № 5. С. 120–124.

Bibliography

1. Krektunov A.A., Zalesov S.V. Protection of settlements from wildfires. Yekaterinburg: Ural Institute of state fire service of EMERCOM of Russia, 2017. 162 p.
2. Shubin D.A., Zalesov S.V. Impacts of forest fires in the pine forests of Priobskoye water-protection pine-birch forest area of the Altai territory. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2016. 127 p.
3. Platonov A.D., Kuryanova T.K., Makarov A.V. Distribution of moisture on the trunk of a tree affected by fire // Forestry Engineering magazine. 2011. № 3. P. 27–31.
4. Zalesov S.V., Mironov M.P. Detection and extinguishing forest fires. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2004. 138 p.
5. Protection of settlements from wildfires / S.V. Zalesov, G.A. Godovalov, A.A. Krektunov, E.P. Platonov // Agrarian bulletin of the Urals. 2013. № 2 (108). P. 34–36.
6. Zalesov S.V., Zalesova E.S., Opletaev A.S. Recommendations for improving protection of forests from fires in the belt forests of Irtysh region. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2014. 67 p.
7. Kazantsev S.G., Zalesov S.V., Zalesov A.S. Optimization of forest management in derivative birch forests of the Middle Urals. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2006. 156 p.
8. Shubin D.A., Zalesov S.V. Poslevoennyi mortality of trees in pine plantations Ob water-protection pine-birch Le skateistan district of the Altai region // Agrarian bulletin of the Urals. 2013. № 5 (111). P. 39-41.
9. Yuryev Yu.L. The development trends of technologies of pyrolysis of wood // Forest in Russia and forestry in them. 2016. № 3 (58). P. 58–63.
10. Yuryev Yu.L., Soldatov A.V. Thermal processing of wood in conditions of forestry enterprise // Forest magazine. 2005. № 3. P. 113–118.
11. Yuryev Yu.L., Drozdova N. A., Panova T.M. Artesian water purification using modified wood coals // Herald of the Kazan University. 2013. T. 16. № 19. P. 85–86.
12. Feasibility study on the use of charcoal to stabilize beer / Yu.L. Yuryev, T.M. Panova, N.A. Drozdova, K.Y Tropina // Forest magazine. 2010. № 5. P. 120–124.