

Научная статья
УДК 66.092-977-922

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАРБОНИЗАЦИИ БИОУГЛЯ НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Алена Владимировна Дорошенко¹, Елизавета Евгеньевна Никитина²,
Елена Викторовна Томина³

¹⁻³ Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия

¹ al.doroschenko2016@yandex.ru

² valerianka4me@yandex.ru

³ tomina-e-v@yandex.ru

Аннотация. Биоуголь представляет собой multifunctional материал, характеристики которого зависят от параметров пиролиза. Цель данной работы – изучение влияния длительности отжига и скоростей нагрева при фиксированной температуре на выход, насыпную плотность и pH биоугля, полученного из опилок березы.

Ключевые слова: биоуголь, скорость нагрева, время отжига

Для цитирования: Дорошенко А. В., Никитина Е. Е., Томина Е. В. Влияние параметров карбонизации биоугля на его характеристики // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 1039–1041.

Original article

INFLUENCE OF BIOCHAR CARBONATION PARAMETERS ON ITS CHARACTERISTICS

Alyona V. Doroshenko¹, Elizaveta E. Nikitina², Elena V. Tomina³

¹⁻³ Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov,
Voronezh, Russia

¹ al.doroschenko2016@yandex.ru

² valerianka4me@yandex.ru

³ tomina-e-v@yandex.ru

Abstract. Biochar is a multifunctional material, the characteristics of which depend on pyrolysis parameters. The purpose of this research is to investigate the

influence of annealing duration and heating rates at a fixed temperature on the yield, bulk density and pH of biochar obtained from birch sawdust.

Keywords: biochar, heating rate, annealing time

For citation: Doroshenko A. V., Nikitina E. E., Tomina E. V. (2026) Vliyanie parametrov otzhiga biouglya na ego karakteristiki [Influence of biochar carbonation parameters on its characteristics]. Nauchnoe tvorчество molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 1039–1041. (In Russ).

Работы последних лет [1–3] подчеркивают, что параметры термической обработки биоугля – температура, длительность и режим нагрева – существенно влияют на его структуру и функциональные свойства, однако данные разных авторов нередко противоречивы и неполны. Исследователи отмечают тенденции к снижению выхода материала при высокотемпературном пиролизе, изменению кислотно-основных свойств поверхности и вариациям плотности, но влияние конкретных условий нагрева (например, скорости повышения температуры) освещено ограниченно и зачастую рассматривается лишь косвенно. Поэтому вопрос о том, как именно режимы карбонизации определяют выход биоугля, его насыпную плотность и pH водной вытяжки, остается актуальным и требует уточнения.

Березовые опилки подвергали пиролизу при скоростях нагрева 5, 10 и 15 °C/мин до 400 °C с выдержкой 30, 60 и 90 мин. Определяли выход на сухую массу сырья, насыпную плотность методом цилиндра и pH водной вытяжки (1:10, 1 ч).

При всех временных режимах более высокая скорость нагрева приводила к незначительному снижению выхода биоугля (таблица). Так, при 30, 60 и 90 мин выход снижался при переходе от 5 к 15 °C/мин, оставаясь в пределах 26–28 %. Это связано с более интенсивной дегазацией при высоких скоростях нагрева.

Наблюдалось увеличение pH водной вытяжки с ростом как продолжительности пиролиза, так и скорости нагрева. Это связано с удалением кислых кислородсодержащих групп (карбоксильных, фенольных) и относительным обогащением золы щелочными ионами (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), в результате pH смещается в щелочную сторону до значений 8,24–8,61 (90 мин выдержки) при разных скоростях нагрева.

Насыпная плотность оказывается наибольшей при среднем режиме нагрева – 10 °C/мин (от 186,59 до 210,89 г/дм³). При 5 °C/мин материал сохранял более плотную структуру, а при 15 °C/мин из-за интенсивного газотделения формировалась более пористая и легкая структура (180,78–192,17 г/дм³). Такое немонокотное поведение объясняется конкуренцией

механизма образования пор (снижающего плотность) и сохранения массы/агломерации частиц (повышающего плотность).

Влияние режимов на свойства биоугля

Время t , мин	Скорость нагрева, °С/мин	Среднее значение выхода продукта, %	Среднее значение насыпной плотности, г/дм ³	Среднее значение pH
30	5	27,62	164,37	7,47
60	5	27,42	178,14	7,90
90	5	27,17	201,92	8,37
30	10	28,16	210,89	7,83
60	10	27,14	186,59	8,06
90	10	27,09	194,83	8,24
30	15	27,52	180,78	7,10
60	15	27,34	187,50	7,31
90	15	26,28	192,17	8,61

Скорость нагрева является определяющим параметром формирования свойств биоугля. Увеличение скорости снижает выход, повышает pH и способствует уменьшению насыпной плотности. Оптимальные значения плотности наблюдаются при средней скорости нагрева (10 °С/мин), что важно для получения биоуглей с заданной структурной организацией.

Список источников

1. The Impact of Pyrolysis Temperature on Biochar Properties and Its Effects on Soil Hydrological Properties / M. Ghorbani, E. Amirahmadi, R. W. Neugschwandtner [et al.] // Sustainability. 2022. No. 14. P. 14722.
2. Effects of pyrolysis temperature on biochar's characteristics and speciation and environmental risks of heavy metals in sewage sludge biochars / X. Zhang, B. Zhao, H. Liu [et al.] // Environmental Technology & Innovation. 2022. Vol. 16. P. 102288.
3. Томина Е. В., Ходосова Н. А., Лукин А. Н. Сорбционно-поверхностные характеристики модифицированного биоугля, полученного при карбонизации опилок сосны // Сорбционные и хроматографические процессы. 2022. Т. 22, № 4. С. 442–452. DOI: 10.17308/sorpchrom.2022.22/10600