

Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.12.2021 № 1024 : зарегистрировано в Минюсте РФ 11.02.2022, регистрационный № 67240, Москва // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации / АО «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (дата обращения: 18.10.2023).

4. Замолодчиков, Д.Г. РОБУЛ-М: новое средство прогноза углеродного бюджета лесов / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, О.В. Честных // Материалы второй международной научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование», 24-26 мая 2017 г., Санкт-Петербург / СПбГЛТУ им. С.М. Кирова. – СПб.: СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2017. – Т. 2. – С. 125–128.

УДК 630

Л.В. Брындина, О.В. Бакланова

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова
Воронеж, Россия

БИОУГОЛЬ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

***Аннотация.** Рассмотрена возможность переработки древесных отходов и осадка сточных вод в биоуголь. Установлены высокие сорбционные характеристики продуктов. Внесение биоугля в почву показало, что накопление зеленой массы растений в большей степени зависело от увеличения температуры карбонизации, чем от повышения скорости нагрева.*

L.V. Bryndina, O.V. Baklanova

Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov
Voronezh, Russia

BIO COAL FROM WOOD WASTE

***Abstract.** The possibility of processing wood waste and sewage sludge into bio coal is considered. High sorption characteristics of the products have been established. The introduction of biochar into the soil showed that the accumulation of green mass of plants was more dependent on an increase in the carbonation temperature than on an increase in the heating rate.*

В последнее время очень активно идут исследования по получению угля из биомассы растительных отходов. Интерес к этому

направлению объясняется стремлением снизить воздействие отходов биологического происхождения на окружающую среду, естественные пути разложения которых сопровождаются выделением в атмосферу парниковых газов. Кроме того, доказано, что биоугли являются хорошими мелиорантами и улучшителями почв. Они положительно влияют на агрохимические характеристики почвы: водный режим, задержание питательных веществ, улучшение структуры почвы, гумусообразование [1-3]. Внесение биоугля может рассматриваться также, как хорошая перспектива депонирования углерода в почве.

В качестве источников сырья для получения биоуглей рассматривается широкий спектр отходов растительного и животного происхождения. Учитывая, что по официальной статистике в лесах Российской Федерации ежегодно образуется 10-15 млн тонн отходов [4] и вопрос их переработки требует особого внимания, перспектива получения из них биоугля становится весьма актуальной.

Другим привлекательным сырьем для синтеза биоуглей являются осадки сточных вод (ОСВ). Количество их постоянно растет, проблемы по их переработке не решаются, обостряя экологические ситуации городов.

Цель работы заключалась в оценке влияния условий пиролиза на качественные характеристики биоуглей из древесной биомассы и осадков сточных вод городских очистных сооружений.

В качестве исходного сырья использовали древесные опилки ясеня и осадки сточных вод. Начальная влажность осадков сточных вод составила 50-55%, древесных опилок - 8-10%. Карбонизацию проводили при температуре 500-700 °С со скоростью 15-20 °С/мин в течение 3 ч при соотношении компонентов смеси 1:1. Характеристики биоуглей представлены в таблице 1.

Таблица 1- Усредненный физико-химический состав биоуглей при скоростях нагрева 15-20 °С/мин

Показатели	Биоуголь из древесных опилок		Биоуголь из ОСВ		Биоуголь из древесных опилок и ОСВ	
	500 °С	700 °С	500 °С	700 °С	500 °С	700 °С
Насыпная плотность, г/дм ³	190	235	450	560	380	400
Углерод, %	73,0	75,1	70,1	75,4	79,0	86,6
Азот, %	0,03	0,05	0,49	0,67	0,5	0,7
Фосфор, %	0,02	0,03	1,4	1,8	1,5	2,0
Кальций, %	0,5	1,1	8,2	12,6	8,5	12,0
Калий, %	0,03	0,04	1,5	5,7	1,8	5,2

Экспериментальные данные, представленные в таблице 1, показывают, что на содержание основных элементов в биоуглях влияет температура пиролиза. Так насыпная плотность всех образцов биоуглей, полученных при температуре 500 °С была ниже, чем при температуре 700 °С. Возможно это связано с процессами уплотнения первоначально сравнительно рыхлой углеродной матрицы в более упорядоченную и термоустойчивую с ростом конечной температуры пиролиза (рис.1) и является косвенным доказательством увеличения площади удельной поверхности и объема пор биоуглей, синтезированных при более высоких температурах. Высокие температуры пиролиза способствовали развитию микропор в биоуглях.

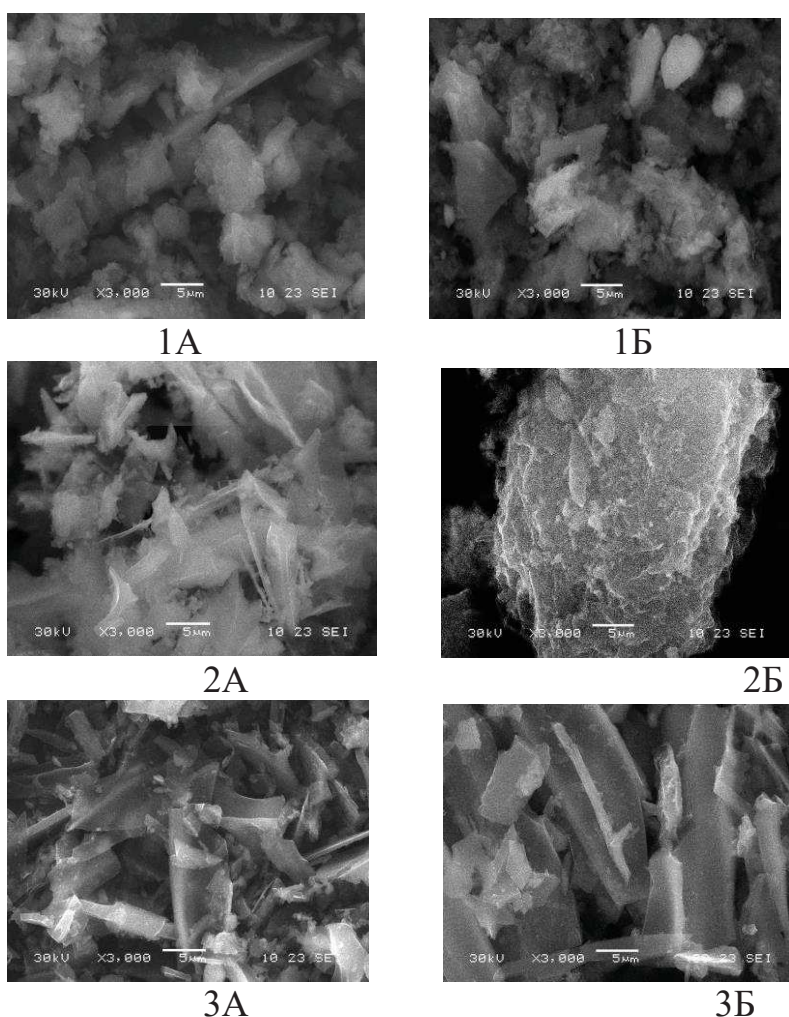


Рис.1 – Микрофотографии биоуглей: 1А - Биоуголь из древесных опилок (500 °С); 1Б - Биоуголь из древесных опилок (700 °С); 2А - Биоуголь из ОСВ (500 °С); 2Б - Биоуголь из ОСВ (700 °С); 3А - Биоуголь из древесных опилок и ОСВ(500 °С); 3Б - Биоуголь из древесных опилок и ОСВ(700 °С)

Содержание углерода, азота, фосфора, кальция и калия также в образцах биоуглей, полученных при 700 °С, было выше. Наиболее полно питательные вещества, необходимые для роста и развития растений, в количественном отношении представлены в биоуглях из смеси древесных опилок и ОСВ.

По завершении пиролиза биоугли вносили в почву в концентрации 10 % к массе почвы. Через 10 суток после посева тест-растений *Raphanus sativus* оценивали эффективность накопления зеленой массы растений по формуле

$$Э_{\phi} = m \times 100 / m_0, \%$$

где m – зеленая масса опытного образца, г;

m_0 – зеленая масса контрольного образца, г.

Контролем являлись растения, выращенные на почве без внесения биоугля.

Результаты эксперимента представлены в таблице 2. На всех образцах почв, обработанных биоуглями, синтезированными при температуре 700 °С, было отмечено более интенсивное накопление растениями зеленой массы, чем при температуре 500 °С. Увеличение скорости нагрева с 15 °С/мин до 20 °С/мин при одной и той же температуре повышало биомассу тест-растений на 2-10,4 % в зависимости от вида биоугля.

Это можно объяснить активизацией работы микроорганизмов почвы за счет улучшения аэрационных процессов благодаря внесению биоуглей, что способствует активному усвоению питательных веществ растениями и их росту.

Таблица 2 – Влияние биоуглей на рост и развитие *Raphanus sativus*

Образец	Эффективность накопления зеленой массы растений, %
Биоуголь из опилок (скорость нагрева – 15°С/мин., карбонизация – при 500°С)	132,0
Биоуголь из опилок (скорость нагрева – 20°С/мин., карбонизация – при 500°С)	138,0
Биоуголь из опилок (скорость нагрева – 15°С/мин., карбонизация – при 700°С)	139,5
Биоуголь из опилок (скорость нагрева – 20°С/мин., карбонизация – при 700°С)	143,3
Биоуголь из ОСВ (скорость нагрева – 15°С/мин., карбонизация – при 500°С)	145,1

Биоуголь из ОСВ (скорость нагрева – 20°С/мин., карбонизация – при 500°С)	147,3
Биоуголь из ОСВ (скорость нагрева – 15°С/мин., карбонизация – при 700°С)	151,1
Биоуголь из ОСВ (скорость нагрева – 20°С/мин., карбонизация – при 700°С)	154,2
Биоуголь из опилок и ОСВ (скорость нагрева – 15°С/мин., карбонизация – при 500°С)	144,7
Биоуголь из опилок и ОСВ (скорость нагрева – 20°С/мин., карбонизация – при 500°С)	155,1
Биоуголь из опилок и ОСВ (скорость нагрева – 15°С/мин., карбонизация – при 700°С)	153,3
Биоуголь из опилок и ОСВ (скорость нагрева – 20°С/мин., карбонизация – при 700°С)	158,6
Контроль (почва)	100,0

Таким образом, проведенные исследования показали эффективность применения биоуглей из древесных опилок и ОСВ в качестве почвенных улучшителей.

Список использованных источников

1. Ahmad Z., Gao B., Mosa A., Yu H., Yin X., Bashir A., Ghomeisi H., Wang S. Removal of Cu (II), Cd (II) and Pb (II) ions from aqueous solutions by biochars derived from potassium-rich biomass. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 180: 437–449. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.133>
2. Li B., Yang L., Wang C.Q., Zhang Q.P., Liu Q.C., Li Y.D., Xiao R. Adsorption of Cd (II) from aqueous solutions by rape straw biochar derived from different modification processes. *Chemosphere*. 2017; 175: 332-340. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.061>
3. Yin G., Song X., Tao L., Sarkar B., Sarmah A.K., Zhang W., Lin Q., Xiao R., Liu Q., Wang H. Novel Fe-Mn binary oxide biochar as an adsorbent for removing Cd (II) from aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal*. 2020; 389: 124465. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124465>

4.Чернышев С. Полный лес отходов/ С. Чернышев//Лесной комплекс. – 2014. - №3 – URL: <https://forestcomplex.ru/lesozagotovka/polnyiy-les-othodov/?ysclid=lowu7q7jct477053834>

УДК 579.66

А.К. Брянкина, А.А. Парамонова, В.О. Миленина

Тамбовский государственный технический университет
Тамбов, Россия

МИКРОВОДОРОСЛИ КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЗЕЛеной ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. В работе проанализированы предпосылки перехода к использованию альтернативных источников энергии. Приведены общие свойства, современное положение рынка биотоплива. Приведены преимущества использования биомассы микроводорослей в качестве сырья для биотоплива. Показаны перспективы реализации биотоплива третьего поколения в промышленности.

A.K. Bryankina, A.A. Paramonova, V.O. Milenina

Tambov State Technical University
Tambov, Russia

MICROALGAE AS ONE OF THE DIRECTIONS OF GREEN ENERGY DEVELOPMENT

Abstract. The paper analyzes the prerequisites for the transition to the use of alternative energy sources. The general properties and current position of the biofuel market are given. The advantages of using microalgae biomass as a feedstock for biofuels are presented. The prospects for the implementation of third generation biofuels in industry are shown.

Использование ископаемых видов топлива (нефть, газ, уголь) является наиболее значимым техногенным фактором, влияющим на изменение климата. При сжигании углеводов земной коры в атмосферу выделяется двуокись углерода, вызывающая парниковый эффект. При существующей проблеме уменьшение лесных массивов в свою приводит к невозможности полной переработки возросшего количества углекислого газа, что нарушает природный баланс. На парниковый эффект приходится 75% антропогенного ущерба окружающей среде [1].