

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОУГЛЯ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Мухайё Умарова Файзулла кизи

Магистрант 2-го курса Джизакского филиала Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека.

E-mail: umarovamuhayyo644@gmail.com

Муродова Сайёра Собировна

Профессор Джизакского филиала Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека.

Аннотация: Современные технологии получения биоугля из растительного сырья методом пиролиза обеспечивают получение материала с высоким содержанием стабильного углерода, развитой пористой структурой и высокой сорбционной способностью. Температура и режим пиролиза оказывают решающее влияние на физико-химические свойства биоугля. Использование биоугля способствует эффективной переработке растительных отходов, улучшению свойств почвы, снижению выбросов парниковых газов и долговременному депонированию углерода, что определяет высокий экологический потенциал данной технологии.

Ключевые слова: биоуголь, растительное сырьё, пиролиз, экологический потенциал, углеродная секвестрация, плодородие почвы, сорбционные свойства.

Введение: Рациональное использование растительных отходов и поиск экологически безопасных технологий переработки биомассы являются актуальными направлениями современного природопользования. Одним из перспективных решений является получение биоугля методом пиролиза растительного сырья, позволяющего преобразовать органические отходы в стабильный углеродсодержащий материал. Свойства биоугля зависят от вида исходного сырья, температуры и условий пиролиза, которые определяют его пористость, содержание углерода и сорбционные характеристики. Применение биоугля способствует улучшению качества почв, снижению выбросов парниковых газов и долговременному связыванию углерода.

Обзор литературы: В современных исследованиях биоуголь рассматривается как перспективный углеродсодержащий материал, получаемый в результате термохимической переработки растительного сырья. По данным В. Н. Кудеярова, биоуголь обладает высокой стабильностью углеродной структуры, что обеспечивает его длительное сохранение в почве и возможность использования в качестве инструмента углеродной секвестрации [1].

Исследования Т. А. Гуровой показывают, что основными факторами, влияющими на свойства биоугля, являются вид исходного сырья, температура пиролиза и условия получения. Различные технологии производства позволяют регулировать пористость, содержание углерода и сорбционные характеристики получаемого материала [2].

Экспериментальные исследования А. А. Бетехтиной и соавторов показали, что внесение биоугля в почву способствует улучшению её физических свойств, повышению влагоудерживающей способности и положительно влияет на развитие сельскохозяйственных культур [3].

Согласно методическим рекомендациям Е. Я. Рижии, применение биоугля в сельском хозяйстве является одним из перспективных направлений повышения плодородия почв и экологизации агротехнологий. Использование растительных отходов для производства биоугля позволяет одновременно решать задачи переработки биомассы и восстановления почвенных ресурсов [4].

Технический анализ биоугля, полученного из растительного сырья, проведённый Д. М. Волковым и А. М. Поповым, подтвердил зависимость его физико-химических характеристик от технологии получения и состава исходного материала [5].

Методология исследования. В качестве основных методов в исследовании: в трехгорлой колбе при нормальном атмосферном давлении, снабженной обратным холодильником, при невысокой температуре был получен ненасыщенный сложный эфир, окисление которого осуществляли кислородом воздуха в присутствии катализатора; ИК-спектры синтезированного оксиранового соединения были записаны на ИК-Фурье спектрофотометре в области $500\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ и проанализированы.

Экспериментальная часть. Исследование основано на анализе научных данных о технологиях получения биоугля из растительного сырья. Проведена оценка влияния основных параметров пиролиза (температура $300\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$, вид сырья и продолжительность процесса) на свойства получаемого биоугля. Проанализированы показатели содержания стабильного углерода, пористости и сорбционной способности материала. Также изучено влияние применения биоугля на физико-химические свойства почвы, влагоудерживающую способность и процессы углеродной секвестрации. Полученные данные использованы для определения экологической эффективности технологии производства биоугля.

Анализ и результаты: Методы исследования проводились с использованием стандартных методов анализа твёрдых углеродсодержащих материалов и почвенных образцов согласно требованиям ГОСТ 32975.1-2014, ГОСТ 26213-91 и ГОСТ 28168-89. Определялись влажность, содержание органического углерода, физико-

химические свойства биоугля и влияние его применения на показатели качества почвы.

Рисунок 1.

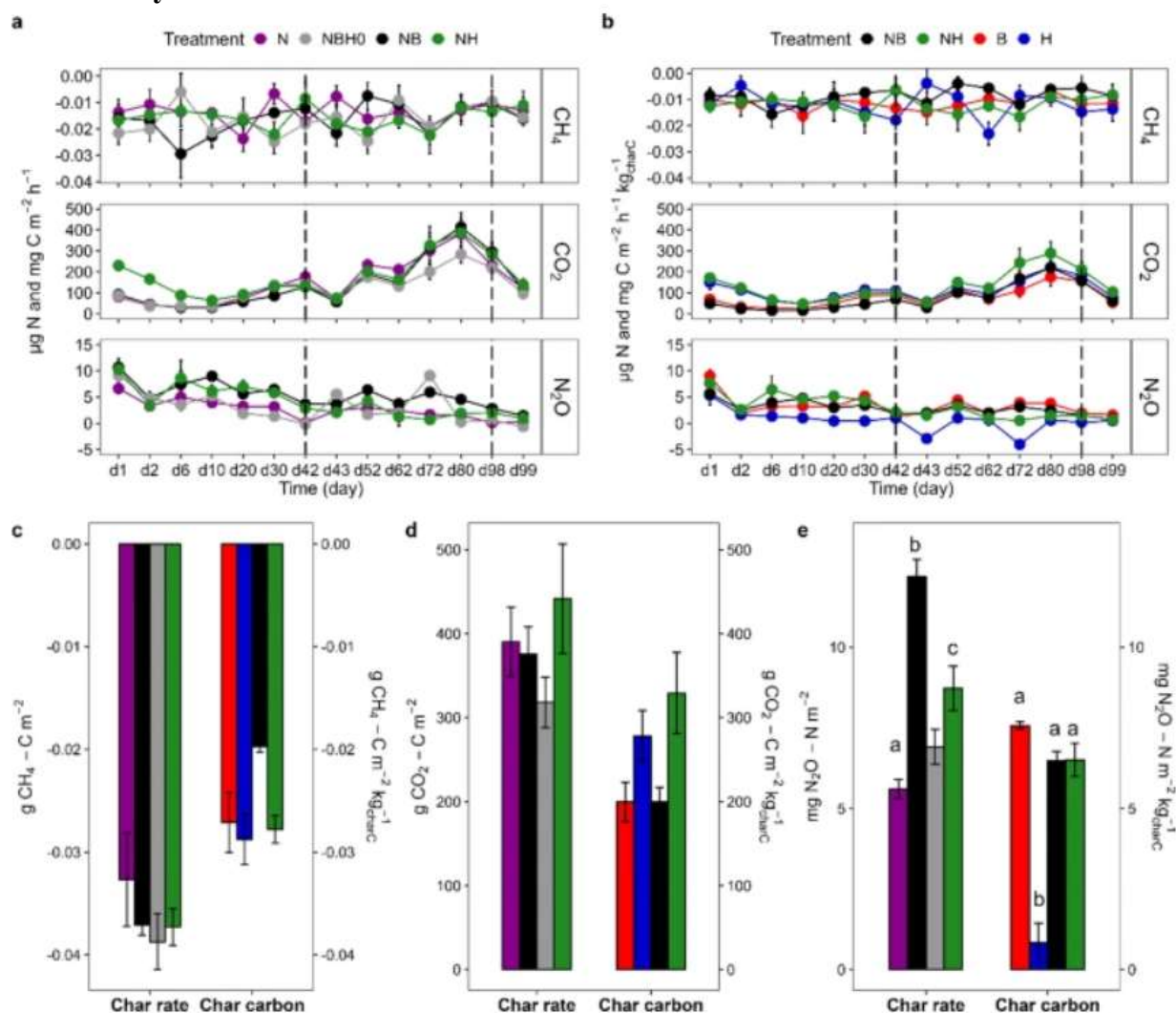


Рисунок 1.

Потоки и кумулятивные эмиссии метана (CH₄), диоксида углерода (CO₂) и закиси азота (N₂O) На рисунке а представлены потоки парниковых газов (ПГ) в зависимости от нормы внесения угля (RAR), где по оси Y указаны значения потоков: мкг N и мг С м⁻² ч⁻¹ кг⁻¹. На рисунке б показаны значения потоков газов относительно содержания углерода в угле (RCC), выраженные в мкг N и мг С м⁻² ч⁻¹ кг⁻¹ charC, в течение 99-дневного периода эксперимента (ось X, дни d1–d99). На рисунках с, d и e представлены кумулятивные эмиссии за 99 дней для метана (CH₄), диоксида углерода (CO₂) и закиси азота (N₂O), соответственно. Единицы измерения кумулятивных эмиссий для вариантов RAR составляют: для CH₄ и CO₂ —

г С м⁻², для N₂O — мг N м⁻². Для вариантов RCC значения выражены как: для CH₄ и CO₂ — г С м⁻² кг⁻¹ charC, для N₂O — мг N м⁻² кг⁻¹ charC. Цветовая маркировка на рисунках а–е соответствует различным экспериментальным вариантам: фиолетовый цвет — внесение азота (N); чёрный цвет — совместное внесение азота и биоугля (NB); зелёный цвет — внесение азота и гидроугля (NH); серый цвет — контрольный вариант без внесения азота и углеродных материалов (NBH₀, фоновое значение); красный цвет — внесение биоугля без азота (B); синий цвет — внесение гидроугля без азота (H). Каждое значение газового потока и каждая колонка кумулятивной эмиссии представлены в виде среднего значения, а вертикальные линии ошибок отражают стандартную ошибку среднего (SEM) при количестве повторностей n = 4. Две вертикальные пунктирные линии на рисунках а и б обозначают сроки проведения первого (42-й день) и второго (98-й день) сбора урожая соответственно. В некоторых случаях на рисунке а величина стандартной ошибки меньше размера графических обозначений, поэтому линии ошибок визуально не отображаются. Буквенные обозначения над столбцами на рисунках с–е отражают статистически значимые различия (p < 0,05) между экспериментальными вариантами по значениям кумулятивных эмиссий для RAR и RCC отдельно. Отсутствие буквенных обозначений указывает на отсутствие статистически достоверных различий между вариантами.

Статистически значимые результаты анализа среднесуточных потоков газов, представленных на рисунках а и б, приведены в основном тексте исследования.

Список использованной литературы:

1. Кудеяров В. Н. Биоуголь (биочар) // Успехи современной биологии. – 2022.
2. Гурова Т. А. Основные направления исследований по применению биоугля в сельском хозяйстве РФ // Материалы международного научного семинара «Биоуголь: свойства, применение в сельском хозяйстве, влияние на почвы, растения и окружающую среду». – Санкт-Петербург, 2020.
3. Бетехтина А. А., Дымов А. А., Холопцев А. В. Изменение свойств почвы и морфометрических параметров пшеницы при внесении биоугля: вегетационный эксперимент // Аграрный вестник Урала. – 2024..

4. Рижия Е. Я. Применение биоугля в сельском хозяйстве Российской Федерации: методические рекомендации. – Санкт-Петербург: Агрофизический научно-исследовательский институт, 2014.

5. Волков Д. М., Попов А. М. Технический анализ биоугля, полученного из жмыха масличного рапса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2026.

