

**Крапивницкая Т.О.^{1,2}, Глявин М.Ю.¹, Песков Н.Ю.¹,
Семенычева Л.Л.², Калынов Ю.К.¹, Запезалов В.Е.¹,
Кузиков С.В.¹**

¹Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН

²Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского

Перспективные приложения мощного СВЧ излучения в задачах воздействия на органические материалы и биологические объекты

Представлены результаты экспериментальных исследований высокотемпературной обработки СВЧ излучением образцов органического сырья, а именно торфа. Так же рассмотрены возможности применения СВЧ излучения при обработке различных материалов сельскохозяйственной промышленности.

Ключевые слова: Торф, магнетрон, органические материалы, СВЧ-обработка

В настоящее время все большую актуальность приобретают научные исследования в области физико-химической переработки органического сырья, в частности, с целью получения так называемого возобновляемого жидкого и газообразного топлива. Одним из материалов, который в последнее время привлекает к себе интерес исследователей с точки зрения большого разнообразия его практических применений является торф. [1]

Существуют различные методы переработки торфа, но наиболее перспективным представляется высокотемпературный СВЧ пиролиз. К основным преимуществам СВЧ-пиролиза перед традиционными системами теплового нагрева относятся следующие: высокий КПД процесса; объемный характер и высокая тепловая эффективность (до 90 - 95%) СВЧ-нагрева; увеличение скорости химических и физико-химических реакций в присутствии СВЧ-излучения; однородность продуктов пиролиза за счет возможности быстрого достижения высоких температур и глубокая переработка биоматериала; высокая экологическая чистота процесса. [2]

В ИПФ РАН создана установка для высокотемпературной деструкции торфа (рис.1) и первые экспериментальные результаты и исследованы возможные сценарии нагрева. Проанализирована возможность применения выходных горючих газов, жидкой фракции и углеродистого остатка.

Выявлен ряд проблем, связанный с электродинамической системой ввода излучения в реактор. Сложность согласования данной системы связана с заметным изменением поглощающей способности торфа и выделением в процессе нагрева смолистой фракции в процессе переработки.

В текущей серии экспериментов проведена оптимизация электродинамической системы, осуществляющей ввод излучения магнетрона в область взаимодействия (реактор). Для уменьшения тепловых нагрузок на барьерное окно добавлена секция

охлаждаемого волноводного тракта (состоящая из нескольких волноводных секций с уголками-поворотами), осуществляющего конденсацию смолистых продуктов переработки.



Рис. 1 Фотография установки для исследования процесса пиролиза торфа при нагреве СВЧ-излучением: 1 - промышленный магнетрон; 2 - система сетевого питания; 3 - система воздушного охлаждения; 4 - согласующие волноводные элементы; 5 - барьерное окно; 6 - волновод связи; 7 – рабочая камера реактора; 8 - система водного охлаждения; 9 - термопара; 10 - манометр; 11 – теплообменник

На основе хромато-масс-спектрометрического анализа пиролитических газов, полученных в СВЧ-реакторе можно утверждать, что, по сравнению с традиционным нагревом в печах содержание углеводов в смеси в 1,5 раза выше, что свидетельствует о перспективности предлагаемого подхода.

Для дальнейшей оптимизации установки предполагается использовать дополнительное регулируемое согласующее устройство, позволяющее осуществлять регулировку уровня отражений в различных стадиях обработки торфа. В настоящее время проведен расчет и конструкторская разработка данного устройства. Кроме этого, в ближайшей серии экспериментов предполагается исследовать возможность использования коаксиального ввода СВЧ мощности в рабочий объем реактора.

Большой круг перспективных приложений связан также с воздействием СВЧ излучения на биологические объекты. Одной из актуальных проблем растениеводства и пищевой промышленности является выявление грибковых поражений зерновых культур. Перспективным подходом в решении данной задачи является микроволновая сушка зерна. Согласно результатам проведенных исследований [3] проведение подобной предпосевной подготовки увеличивает всхожесть семян на 10-12% и повышает урожайность на 20-30%.

Применение химических методов дезинсекции древесины в жилых строениях не экологично, поэтому высокую актуальность приобретают физических методы дезинсекции древесины. Использование в рамках данного приложения СВЧ-облучения позволяет эффективно уничтожать вредителей внутри древесины [4].

Достоинствами СВЧ дезинсекции являются:

- простота управления;
- безинвазивность, безвредность;
- отсутствие химических остатков;
- высокая экологичность и безопасность для окружающей среды;
- высокая контролируемость процесса и возможность его автоматизации;
- работа в широком диапазоне температурных условий;
- безопасность оборудования и работ;
- возможность обработки через различные диэлектрические материалы (штукатурка, кирпичная кладка, гипсокартон, обои, пластик, лак, краска, мебель, деревянные рамы, иконы, книги и др.

Так же актуальной задачей является борьба с сорной растительностью и обеззараживание почвы при помощи СВЧ-комплексов. Эксперименты по обработке почвы показывают [5], что ростовыми процессами и всхожестью семян сорной растительности, плодородием почвы и урожаем культуры можно управлять с помощью импульсного микроволнового излучения, а биотропные параметры, характеризующие его пространственно-временную структуру, являются эффективными регуляторами этих процессов.

Библиографический список

1. J. Yang, H. Chen, W. Zhao, J. Zhou. TG-FTIR-MS study of pyrolysis products evolving from peat // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. № 117, 296-309 (2016).
2. M.Yu. Glyavin, Y. K. Kalynov, T.O. Krapivnitskaia, S.V. Kuzikov, N.Yu. Peskov, L.L. Semenycheva, 26th International Conference "Microwave and Telecommunication Technology" (CriMiCo 2016), Sevastopol, Crimea, 2016.
3. Способ СВЧ обработки зерна и устройство для его осуществления// Патент РФ №2061351, 10.06.1996/ Рустам М.А., Чернов А.И.
4. Иванов И.А., Тихонов В.Н., Пронина О.Э. СВЧ установка для дезинсекции древесины // *Современная техника и технологии*. 2015. № 8.
5. Полевик Н.Д. Методы и средства борьбы с сорной растительностью с использованием импульсных СВЧ-излучений : диссертация кандидата технических наук : 05.20.02 Челябинск, 2007 344 с.