

**ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЕНТОВ ИЗ КОРНЯ ИМБИРЯ (*ZINGIBER OFFICINALE ROSCOE*) КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

**Кадочникова В. Ю.**

**научный руководитель канд. хим. наук Наймушина Л. В.**

***Сибирский федеральный университет***

В современном мире рациональное природопользование рассматривается как глобальная концепция взаимодействия природы и человека и их гармоничного сосуществования. Сегодня экологические проблемы крупных мегаполисов заставляют пересматривать традиционные направления повышения эффективности производства, акцентируя внимание на минимизации объемов промышленных отходов. Движущим фактором в этом случае является неотложная потребность в усовершенствовании многих технологических схем, в том числе схем комплексной переработки растительных ресурсов.

Перспективным направлением утилизации растительных отходов является высокотемпературная обработка лигноцеллюлозной массы в отсутствие окислителей - пиролиз с целью создания сорбентов - пористых углеродных материалов (ПУМ). Такие материалы можно конструировать с заранее заданными структурно-текстурными характеристиками и различной адсорбционной активностью.

Популярной растительной культурой, востребованной и в качестве пряно-ароматической специи, и в качестве лекарственного сырья является корень имбиря (*Zingiber officinale Roscoe*). Результаты представленного исследования отражают изучение возможности получения сорбентов из отходов имбирного корня, после выделения из него экстрактивных биологически активных веществ.

*Материалы и методы.* В качестве исходного сырья использовали свежий корень имбиря, существующий в свободной продаже. Сырье сушили при комнатной температуре и фракционировали до размера частиц 2 мм. Для выделения экстрактивных веществ была применена методика последовательного экстрагирования сырья органическими растворителями возрастающей полярности (диэтиловый эфир, этилацетат, изопропанол, вода). Общее содержание экстрактивных веществ составило  $27,8 \pm 0,2$  вес. % от массы абсолютно сухой навески сырья.

Далее нами ставилась задача изучения термического поведения образцов биомассы, взятой до (образец 1) и после извлечения экстрактивных веществ (образец 2) при их высокотемпературной деструкции. Поведение образцов изучали методом термического гравиметрического анализа (ТГА) с параллельной регистрацией тепловых эффектов протекающих физико-химических процессов – дифференциальным термическим анализом (ДТА). ТГА и ДТА образцов осуществляли с помощью дериватографа системы Paulic-Paulic-Erdey при скорости нагрева образцов  $20^{\circ}\text{C}/\text{с}$ .

*Результаты и обсуждение.* На рис.1. представлены данные ТГА для образцов 1 и 2. Как следует из представленной графической зависимости  $\Delta m, \% - f(T^{\circ}\text{C})$  (рис. 1), в интервале подъема температуры  $100-150^{\circ}\text{C}$  можно отметить уменьшение массы образцов до 90% от исходной навески, отражающей удаление связанной воды. Разница в потере массы  $\Delta m$  для образцов 1 и 2 составляет  $\approx 5-6\%$ . Основное различие поведения образцов 1 и 2 наблюдается в температурном интервале  $175-325^{\circ}\text{C}$ , где начинают активно идти процессы карбонизации лигноцеллюлозной массы.

Для образца 1 основная убыль массы начинается при температуре  $290^{\circ}\text{C}$  (рис.1, кривая 1). Удаление экстрактивных веществ из сырья (образец 2) сдвигает начало ин-

тенсивных процессов термодеструкции лигноцеллюлозного материала на 100 -110<sup>0</sup>С (рис.1, кривая 2). При температуре 250<sup>0</sup>С потеря массы образца 2 составила 30% от исходного веса, тогда как для образца 1 при данной температуре этот показатель равен 15%. При температурах выше, чем 340-350<sup>0</sup>С, поведение образцов можно считать условно одинаковым. Потеря массы образцов достигает 93-95% от исходной навески при температуре 700-750<sup>0</sup>С.

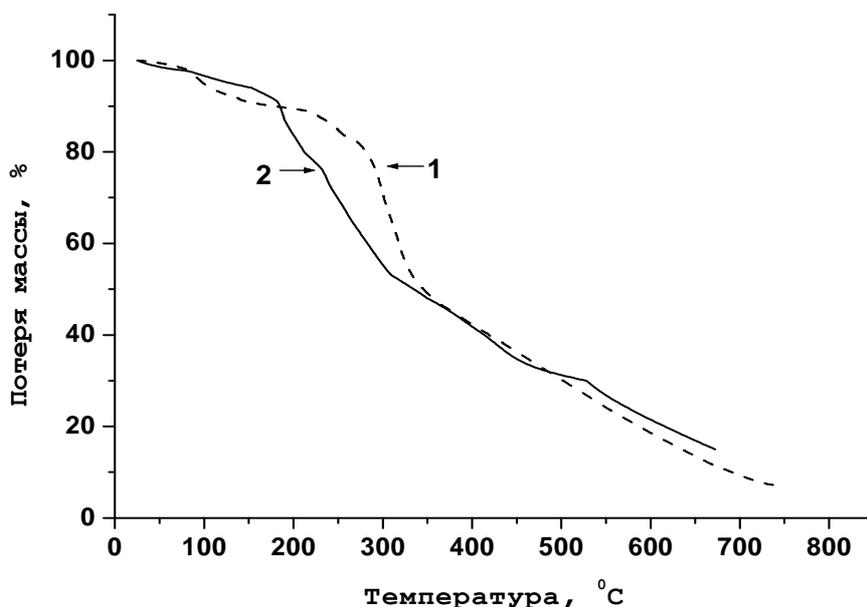


Рис.1. Кривые термогравиметрического анализа для имбирного корня: 1) исходное сырье; 2) образец после последовательной экстракции растворителями возрастающей полярности.

Более существенные различия при термодеструкции образцов 1 и 2 наблюдаются при изучении их тепловых эффектов. Как следует из рис. 2, для образцов и исходного сырья (кривая ДТА-1) и взятого после экстракции (кривая ДТА-2) можно выделить эндотермические эффекты при 100-125<sup>0</sup>С, отвечающие за удаление физически связанной воды.

Для образца 1 (рис.2, кривая ДТА-1) зарегистрировано четыре экзотермических эффекта. Первый из них - с  $T_{max}$  при ~ 260<sup>0</sup>С - связан с потерей более 40% массы от исходного веса. Поскольку для образца 2 данный экзоэффект не наблюдается (рис.2, кривая ДТА-2), можно предположить, что выделение энергии обусловлено протеканием реакций окисления экстрактивных веществ анализируемой биомассы. Два последующих, налагающихся экзотермических эффекта с  $T_{max}$  при ~ 320<sup>0</sup>С и ~ 400<sup>0</sup>С (рис. 2, кривая ДТА-1), связаны с началом протекания реакций деполимеризации и деароматизации лигноцеллюлозного материала. Четвертый энергетический максимум при температуре ~ 475<sup>0</sup>С отвечает за структурирование матрицы образовавшегося углеродного вещества.

Для образца 2 в температурном интервале 100-300<sup>0</sup>С зарегистрировано меньшее по сравнению с образцом 1 суммарное количество теплоты, выделяющееся при протекании реакций окисления исследуемой биомассы (~ на 25%). Экзотермический эффект, отмеченный для образца 2 с  $T_{max}$  при ~ 420<sup>0</sup>С, можно рассматривать как суперпозицию трех экзоэффектов образца 1 в области температур 300-600<sup>0</sup>С (рис.2, кривые ДТА-1, ДТА-2).

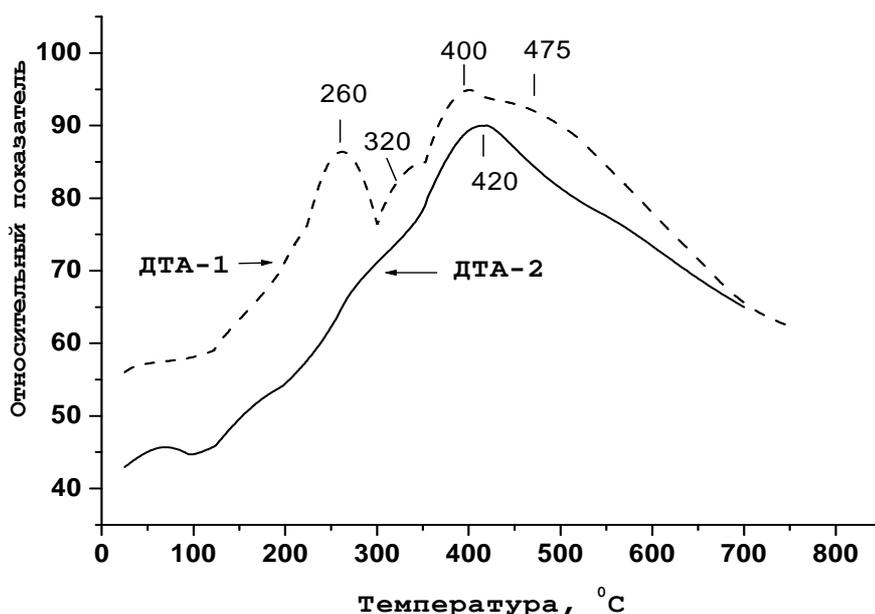


Рис.2. Кривые дифференциального термического анализа (ДТА) имбирного корня:  
 1) исходное сырье 2) образец после последовательной экстракции сырья растворителями возрастающей полярности.

Известно, что в процессе экстракции биомассы неполярными растворителями происходит частичное извлечение лигнина. Следовательно, суммарное уменьшение количества теплоты, выделяющейся при высокотемпературном окислении экстрагированной биомассы, объясняется общим уменьшением состава различных классов органических соединений, в том числе и лигнинсодержащих биомолекул.

Таким образом, термогравиметрическое изучение поведения образцов, взятых до и после экстракции растворителями возрастающей полярности, показало, что предварительное удаление экстрактивных веществ и частично лигнина сдвигает начало протекания интенсивных процессов окислительной термодеструкции биомассы на 100-110<sup>0</sup>С. Основные процессы температурной деградации растительной массы - деполимеризации и деароматизации сложных биомолекул с образованием структурированной углеродной матрицы – протекают также в более низком интервале температур – с max при 420<sup>0</sup>С. Основные процессы карбонизации предварительно экстрагированного сырья заканчиваются при температуре 470-500<sup>0</sup>С. Для сравнения, отметим, что исходное сырье превращается в углеродную матрицу при более высокой температуре – 580-600<sup>0</sup>С.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что из предварительно экстрагированного лигноцеллюлозного сырья можно получать углеродные материалы при более низких температурах пиролиза. С учетом литературных данных при карбонизации сырья в этих условиях следует ожидать образование углеродной матрицы с более развитой поверхностью пор.

Таким образом, проведенные исследования показали, что пиролиз лигноцеллюлозной массы с целью создания сорбентов - пористых углеродных материалов (ПУМ) является перспективным направлением утилизации растительных отходов при переработке пищевого растительного сырья.