

## ТЕРМИЧЕСКИЙ РАСПАД АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Введение.** В настоящее время актуальной является проблема использования местных и возобновляемых источников энергии, к которым относится растительная биомасса. Топливо из биомассы содержит много соединений азота. Главными источниками соединений азота являются белковые аминокислоты. Кроме того, некоторые витамины содержат азот, к ним относятся витамины группы В. Эти полезные для организма при обычных условиях вещества при термическом разложении могут образовывать токсичные вещества. В результате сгорания биомассы азот может быть преобразован в такие экологически вредные вещества, как синильная кислота  $\text{HCN}$ , аммиак  $\text{NH}_3$ , которые выделяются в виде газов при высоких температурах. Состав газообразных продуктов зависит как от условий термической обработки, главными из которых являются температура и скорость нагрева, так и от состава и количества аминокислот, которые определяются видом топлива.

**Актуальность.** Поэтому исследование термического разложения белковых аминокислот, азотсодержащих витаминов необходимо для разработки экологически безопасных технологий получения энергии из биомассы [1]. Термические процессы сопровождаются всегда более или менее значительным изменением внутреннего теплосодержания системы. Превращение влечет за собой поглощение тепла – эндотермическое превращение либо выделение тепла – экзотермическое превращение. Эндотермические и экзотермические эффекты, как правило, связаны с плавлением, испарением, переходами в твердой фазе, возгонкой, дегидратацией, разложением и горением. Эти тепловые эффекты могут быть обнаружены при помощи методов термического анализа или дериватографии. Исследуя аминокислоты на дериватографе можно дать количественную и качественную оценку процессам, происходящим в них при нагревании.

**Цель, задачи.** В работе исследовалось термическое разложение витамина В<sub>2</sub> (рибофлавина) и белковых аминокислот: глицина, метионина, лейцина, аланина, аспарагина, глутаминовой кислоты.

**Методы исследования.** Термическое разложение азотсодержащих веществ исследовалось методом дифференциального термического анализа на приборе Netzsch 409 EP при разных скоростях нагрева (от 1 до 10 К/мин) в динамическом и статическом режимах в интервале температур от 240 до 700°С в воздушной атмосфере. Продукты разложения исследовались методом ИК-Фурье спектроскопии на приборе Инфралом FT-02 в диапазоне длин волн 500-2000 см<sup>-1</sup>.

**Основная часть.** Результаты анализа белковых аминокислот дериватографическим методом и на ИК-Фурье спектрометре представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

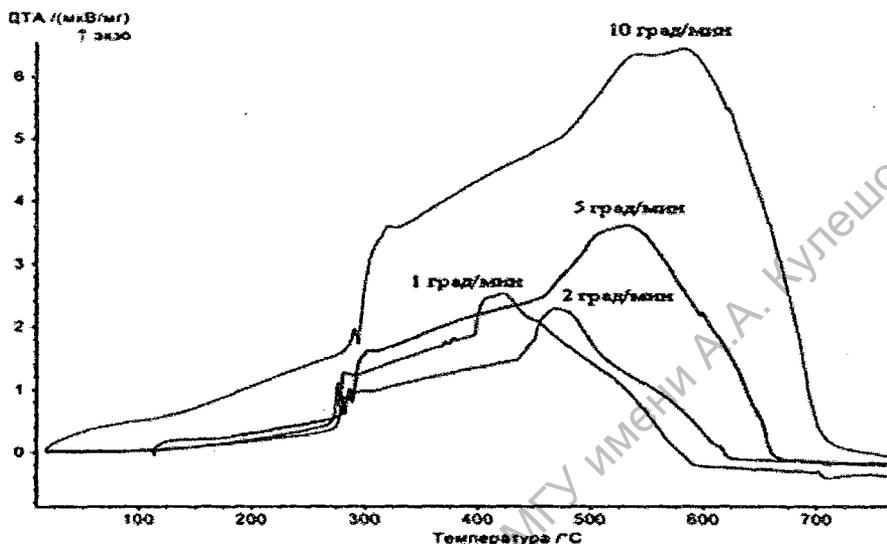


Рис. 1. Результаты дифференциального термического анализа (ДТА) рибофлавина при разных скоростях нагрева

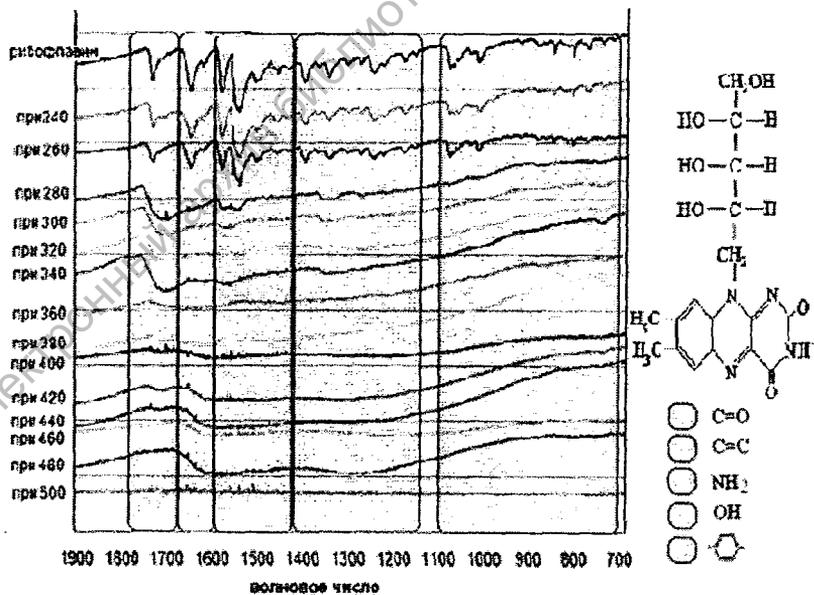


Рис. 2. ИК-Фурье спектры рибофлавина

Устойчивость рибофлавина находилась в температурном интервале от 20°C до 280°C, в котором наблюдался эндотермический процесс десорбции физически связанной воды. При температуре выше 280°C начинался процесс разложения витамина. В диапазоне температур от 440°C до 620°C происходило полное разложение рибофлавина, сопровождающееся экзотермическим эффектом. Разложение происходит поэтапно через образование промежуточных продуктов разложения.

Анализ ИК-Фурье спектров рибофлавина показал, что в ходе его статического разложения происходят различные физико-химические превращения, которые начинаются значительно раньше, чем это следует из анализа дериватограмм. Анализ рибофлавина на ИК-Фурье спектрометре показал, что температура начала разложения составляет 260°C, а температура полного разложения равна 360°C. Результаты анализа белковых аминокислот дериватографическим методом представлены на рисунке 3.

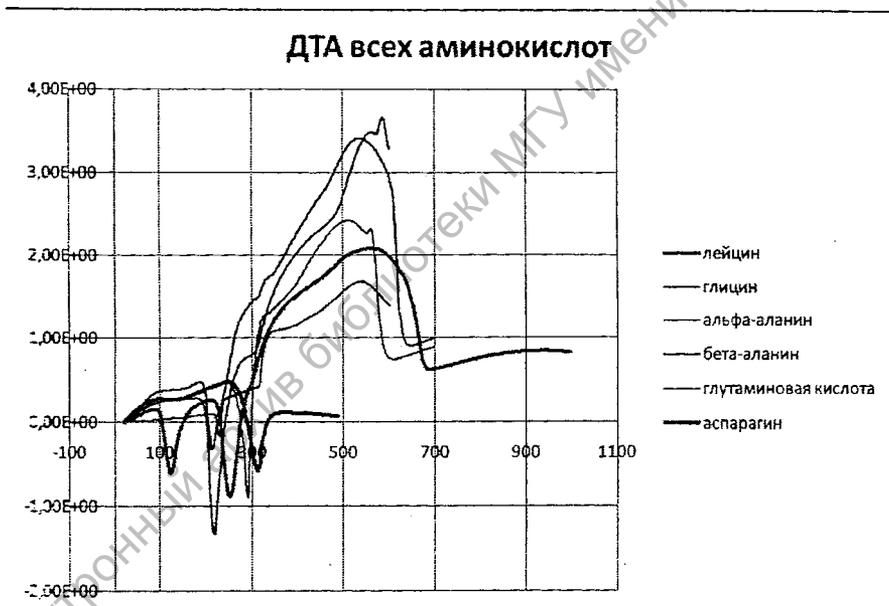


Рис. 3. Результаты дифференциального термического анализа исследуемых белковых аминокислот

Устойчивость исследованных аминокислот находилась в температурном интервале от 20°C до 150°C, в котором наблюдался эндотермический процесс десорбции физически связанной воды. При температуре выше 150°C начинался процесс разложения аминокислот. В диапазоне температур от 250°C до 700°C происходило полное разложение аминокислот сопровождающееся экзотермическим эффектом.

Анализ ИК-Фурье спектров показал, что процесс разложения протекает через ряд последовательных стадий. Основные этапы разложения аминокислот: декарбоксилирование, дегидратация, дезаминирование проходили через образование промежуточных продуктов разложения – пептидов (регистрировались связи -CO-NH-). Совместно с термическим разложением происходит образование димеров и циклических соединений и основными газообразными продуктами являются CO, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>.

**Выводы.** Полученные дериватограммы позволили установить интервалы устойчивости и разложения, основные этапы разложения, определить точную потерю массы вещества на каждом из этапов, а также обнаружить экзо- и эндотермические эффекты протекающие в результате разложения образцов. Интерпретация ИК-Фурье спектров служила для определения химизма процесса разложения.

Сравнительный анализ методов (дериватографического анализа и ИК-Фурье спектроскопии) показал, что использование одного какого-либо метода при изучении термической устойчивости белковых аминокислот и рибофлавина не корректно, так как целую картину всех физико-химических процессов можно получить только сочетая различные методы.

Работа выполнена с использованием оборудования Регионального центра коллективного пользования исследовательским оборудованием и приборами УО «МГУ им. А.А. Кулешова».