

УДК 543.54:628.31

**ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ ON-LINE МОНИТОРИНГ ТРАНСФОРМАЦИИ
УГЛЕРОДНЫХ КАРКАСОВ ОРГАНИЧЕСКИХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ****А.У. Басинбекова, Ш.Е. Габдрашева, Г. Есен, Ж.Р. Уалиев,
С.Б. Любчик, М.И. Тулепов, З.А. Мансуров**Институт проблем горения,
Республика Казахстан, 050012, Алматы, Богенбай батыра 172**Аннотация**

В работе был применен метод анализа данных термогравиметрии, основанный на динамике конверсии отдельных структурных фрагментов использованных индивидуальных компонентов, так называемый *online мониторинг* конверсии структурных составляющих (ряда псевдо-макро-фрагментов органической массы различных типов углеродсодержащего сырья). Процесс термолиза органических материалов реализуется в ряде параллельно-последовательных процессов с образованием промежуточных неустойчивых продуктов: происходит прямой переход сорбентов в твердое состояние; систематическое уменьшение массы твердого остатка; изменение выхода газовой и парогазовой фазы; возникновение, нарастание и исчезновение жидкой фазы. На всех стадиях процесса эти фазы взаимодействуют между собой и каждая из них вовлекается в поликонденсационные процессы, приводящие к образованию новых жидких, твердых и газовых фаз, претерпевающих превращения на последующих стадиях термолиза. Характер разрушения химических связей при термическом разложении в большей мере зависит от скорости нагревания. При медленном нагреве избирательно разрушаются наименее прочные алифатические и гидроксильные связи. При большой скорости нагревания термодеструкция компонентов ускоряется, но отстает от темпа повышения температуры поэтому сдвигается в область более высоких температур. При перегреве сырья одновременно разрываются и слабые, и более прочные ароматические связи. Поэтому разрушение исходной органической массы приобретает более случайный характер. При этом, естественно, образуются более крупные осколки молекул, из которых формируются тяжелые фракции жидкой фазы смол, главным образом асфальтены, обогащенные кислород- и азотсодержащими компонентами. Наибольшее количество ненасыщенных и нестабильных продуктов разложения образуется в диапазоне 620–700 К. При этом для органических материалов, органическая масса которых содержит наибольшее число менее прочных химических связей, максимум интенсивности образования нестабильных продуктов смещен в зону низких температур. По мере увеличения степени ароматичности этот максимум смещается в область более высоких температур.

Ключевые слова: термография, конверсия, мониторинг, термолиз

Введение

Сейчас в мире производится или используется для ликвидации разливов нефти около двух сотен различных сорбентов, которые подразделяют на органические, природные органические и органоминеральные, а также синтетические. Качество сорбентов определяется главным образом их емкостью по отношению к нефти, степенью гидрофобности (ненамокаемости в воде), плавучести после сорбции нефти, возможностью десорбции нефти и регенерации или утилизации сорбента [1].

Биомассу органических сорбентов из

абрикосовых косточек, рисовой и подсолнечной шелухи можно представить как композиционный материал [2], состоящий из микроскопических, слоистых армированных трубок, ориентированных вдоль ствола; материалом «арматуры» служит целлюлоза, внедренная в лигнин-гемицеллюлозную матрицу.

В основе термодеструкции биомассы лежат свободнорадикальные реакции термодеструкции целлюлозного, гемицеллюлозного, и лигнинового фрагментов биомассы. В целом, термолиз полисахаридов можно отнести к β -гликозидным структурам, C–H, C–O, и C–C связей, дегидрированию, декарбоксилированию, декарбонилированию, образованию C–C, C=C, C–O связей, карбонильных и карбоксильных групп.

В присутствие карбонатов калия, с учетом наличия минеральной составляющей в составе биомассы и появлению определенных продуктов термоллиза (таких, как например, до 6-9 % мас. уксусной кислоты и ее гомологов в составе образующихся жидких продуктов термоллиза целлюлозных структур) и их расходованию (о чем говорит, например, резкое снижение термодеструкции целлюлозного фрагмента до газовых продуктов (на ~ 28%), за счет вовлечения первичных продуктов термоллиза во взаимодействия со структурными фрагментами биомассы) можно предположить протекание реакций карбоксиметилирования структурных фрагментов биомассы [3].

При карбоксилровании биомассы наряду с ОН-группами целлюлозы и гемицеллюлозы в реакцию вступают алифатические и фенольные гидроксильные группы лигнина [3].

Основными структурными фрагментами биомассы являются высокомолекулярные вещества: а именно, макромолекулы целлюлозы они представляют собой линейные, гемицеллюлоз – разветвленные, лигнина – сетчатые полимеры. При этом температура плавления основных высокомолекулярных фрагментов биомассы выше, чем температура их разложения, и они находятся в твердом агрегатном состоянии. Тогда как, карбоксилрование основных структурных фрагментов биомассы способствует появлению у продуктов реакции термопластичных свойств, благодаря уменьшению связывания гидроксильных групп и уменьшению температуры плавления относительно температуры начала разложения

[2-3].

Таким образом, разработка и создание новых гидрофобных нефтесорбентов на основе растительного происхождения, обладающих высокой сорбционной способностью по нефти и нефтепродуктам, а также исследование их физико-химических свойств является актуальным и перспективным направлением в современной экологии и химической физики.

Эксперимент

Объекты исследования. Исследования были выполнены с рисовой шелухой (РШ), полученной молотьюбой Казахстанского риса, выращенного в Кызыл-ординской области. Процесс карбонизации образцов проводился в изотермических условиях (рисунок 1а). Модифицирование образцов проводили в реакторе в среде азота при температуре 300-800°C (рисунок 1б). Газообразный азот подавался со скоростью 100 см³/мин. Температура печи была увеличена линейно от комнатной температуры до заданной температуры пиролиза более чем за 1 ч и далее держалась в заданной температуре 1–5 ч. Время выдержки определялось как время пиролиза.

Карбонизованные абрикосовые косточки были получены в инертной среде аргона при температуре 300-800°C, скорости подачи газа 50 см³/мин (рисунок 1а).

Установка по термическому пиролизу исходных материалов (рисунок 1а) состоит из системы подачи газов – реометров контролирующих потоки газов.

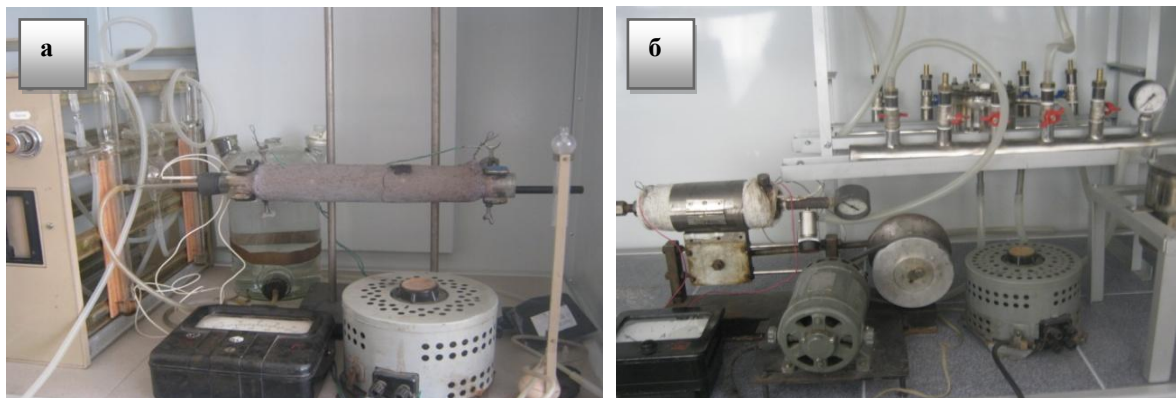


Рис. 1– а) установка по термическому пиролизу углеродных материалов в среде пропан бутанового газа и б) он-лайн реактор термохимического процесса пиролиза и активирования газообразным азотом сорбента

Реактора сделанного из кварца, выдерживающего температуру до 1000°C, печи, системы контроля температур – платино-рениевой термопары, подающей сигналы на милливольтметр, лодочки с образцами, сборника газов. Отходящие газы анализировались на хроматографе.

Новизной работы и одним из направлений совершенствования технологии получения активированного сорбента является совмещение термохимического процесса пиролиза и активирования газообразным азотом (рисунок 1б).

Термогравиметрические исследования выполнены при следующих условиях эксперимента: навеска образца – $(0,3 \pm 0,03 \text{ г})$; измельчение аналитическое; керамический тигель с крышкой высотой 15 мм диаметром 5мм.

Обработка дериватограмм включала анализ термограмм. Потерю массы образца при заданной температуре определяли согласно кривой термогравиметрии. Скорость потери массы определяли согласно кривой дифференциальной термогравиметрии, температуры максимумов эндо - или экзо - эффектов – по кривой дифференциальной термогравиметрии адсорбции, в соответствии со стандартными процедурами. Регистрируемые прибором термогравиметрические кривые (ТГ-кривые) потери массы и скорости потери массы дифференциальные термогравиметрические кривые (ДТГ-кривые) пересчитывали на 1 г исходного образца и выражали их как температурные зависимости, характер которых иллюст-

рируется приведенными термограммами. На основании ДТГ-кривых определяли температуры ($T_{\text{макс}}$), соответствующие максимальным скоростям потери массы. В данной работе потеря массы тождественна выходу летучих продуктов, а скорость потери массы эквивалентна скорости выделения летучих продуктов при нагревании. Термогравиметрический анализ был выполнен для образцов исходного сырья: подсолнечной шелухи (ПШ), РШ, абрикосовой косточки (АК) и каменного угля.

Результаты и обсуждение

В этой работе проведен процесс термогравиметрии образцов источников сырья, карбонизатов, полученных на первом этапе, а именно термолиза разнообразного природного сырья растительного происхождения (рисовой/подсолнечной шелухи, абрикосовых косточек) и каменноугольного сырья. Проводилась оценка структурных и технологических характеристик сырья по данным дериватографии и термолиза.

На основании проведенного термолиза были определены температурные области проведения процесса карбонизации для выбранных источников сырья. Получены карбонизаты и проведен анализ их выхода и структуры. Результаты исследования представлены в таблице 1, соответственно, для карбонизатов рисовой шелухи и абрикосовой косточки.

Таблица 1 – Выход продукта при карбонизации АК и РШ в зависимости от температуры карбонизации

Образец	Абрикосовой косточки					
Температура карбонизации, °C	300	350	400	450	500	550
Потеря массы Δm , % масс.	30,1	40,4	44,9	53,1	65,6	67,9
Образец	Абрикосовой косточки					
Температура карбонизации, °C	600	650	700	750	800	850
Потеря массы Δm , % масс.	70,3	72,9	75,0	75,3	75,5	75,6
Образец	Рисовая шелуха					
Температура карбонизации, °C	300	350	400	450	500	550
Потеря массы Δm , % масс.	20,1	22,3	26,4	30,7	35,4	40,7
Образец	Рисовая шелуха					
Температура карбонизации, °C	600	650	700	750	800	850
Потеря массы Δm , % масс.	45,8	51,6	55,2	56,4	56,8	57,1

На рисунке 2 и 3 приведены примеры типичных термограмм для каменного угля

сырья и сырья растительного происхождения для шелухи подсолнечника.

На основании анализа полученных данных для со-термолиза системы «Рисовая шелуха - уголь» (рисунок 4) можно сделать

вывод, что взаимодействия основных структурных фрагментов компонентов бинарной смеси не наблюдается.

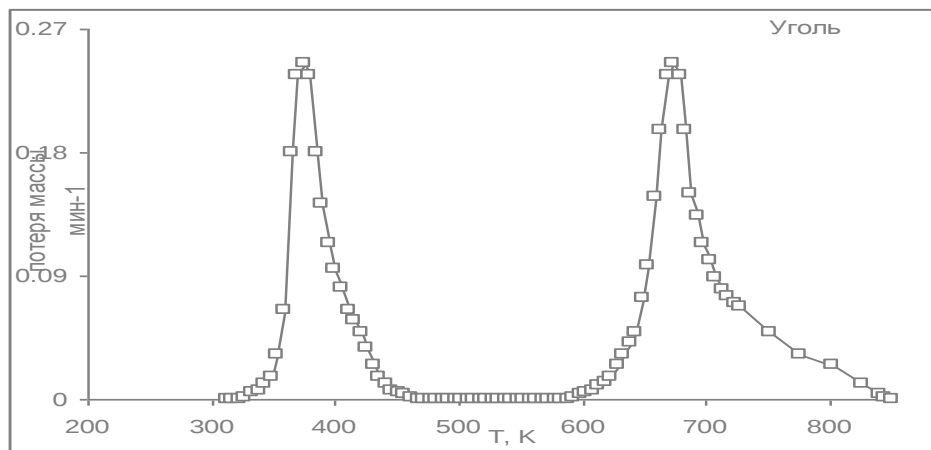


Рис. 2 – Термограмма для каменноугольного сырья

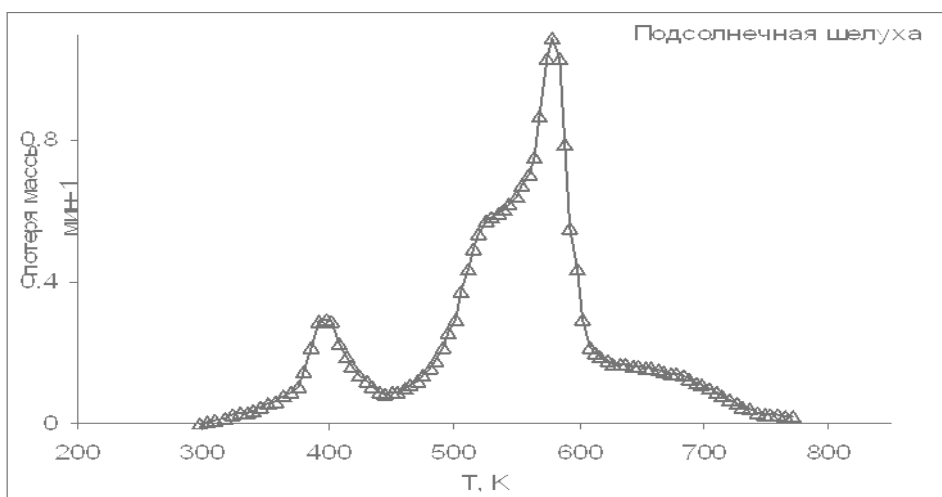


Рис.3 – Термограмма подсолнечной шелухи

В соответствие с расчетными данными таблицы 2 на основании аддитивности термодеструкции компонентов смесей, перекрытие основных областей разложения РШ и угля должно наблюдаться в области высоких температур (пик с $T_{\max}$ при – 400 °С), где начинается термодеструкция первого псевдо-макро-компонента угля и заканчивается термолиз лигнинового фрагмента биомассы, дополнительного перекрытия основных пиков разложения не наблюдается, общая потеря массы (- 39,4 %) соответствует расчетной.

Как видно из таблицы 2 характер разложения индивидуальных компонентов в смесях меняется незначительно. Термолиз угольного компонента в составе бинарных систем протекает несколько более интенсивно, потеря массы составляет 12,02 % против 7,02 % расчетных, при этом температурные области разложения остаются практически неизменными. Для компонента биомассы ситуация обратная - термолиз РШ несколько замедляется, общая потеря массы составляет 20,36 % против 23,72 % расчетных (таблица 2).

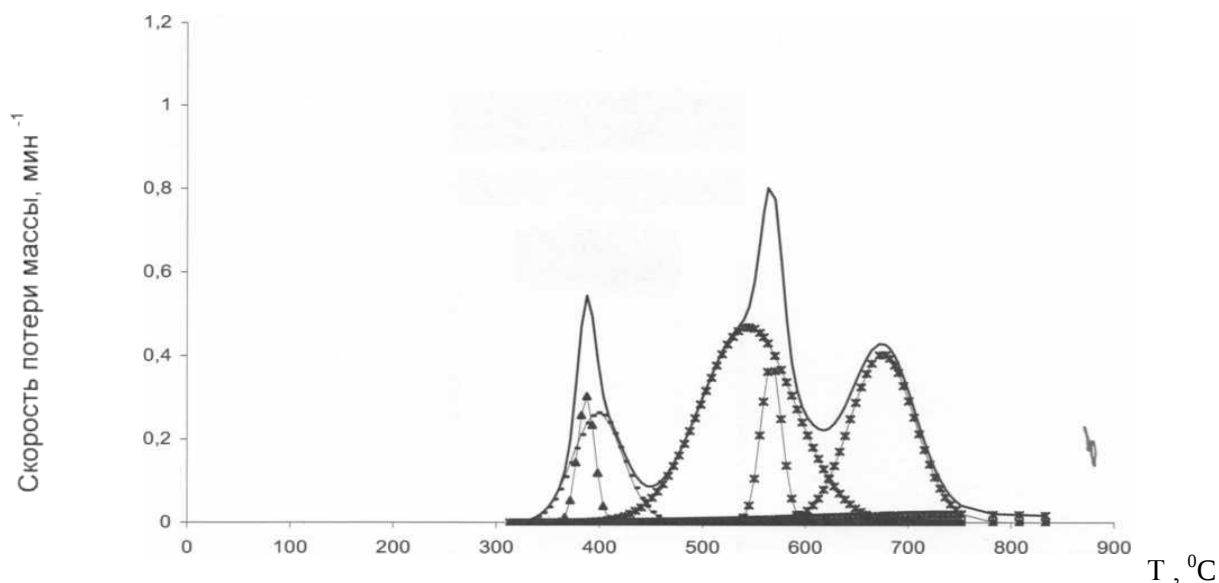


Рис. 4 – Совместная термодеструкция угольного и растительного компонента

Таблица 2 – Со-термолиз бинарной системы рисовая шелуха - уголь

Смесь «РШ + уголь»									
Температуры максимумов основных пиков разложения индивидуальных компонентов, ($T_{\max}$, °C)									Общая потеря массы, %
$T_{\max}$ РШ	-	130	-	275	305	390	-	-	20,36
$T_{\max}$ Уголь	101	132	-	-	-	400	429	527	12,02
Потеря массы ($ПМ_{\text{теор}}$) для термолиза индивидуальных компонентов, %									
$ПМ_{\text{теор}}$ РШ	-	4,24	-	18,85	4,87	4,73	-	-	23,72
$ПМ_{\text{теор}}$ Уголь	1,65	1,21	-	-	-	1,66	2,64	0,37	7,54
$ПМ_{\text{теор}}$ «ПШ + уголь»	1,65	5,45	-	18,85	4,87	6,39	2,64	0,37	40,23
Температуры максимумов ($T_{\max}$) основных пиков разложения и потеря массы ($ПМ_{\text{эксп}}$) при термолизе бинарной системы «РШ + уголь Д»									
	114	130	-	277	297	404	-	478	39,40
Потеря массы ($ПМ_{\text{эксп}}$), %	1,97	5,05	-	17,26	3,10	10,34	-	1,68	
$ПМ_{\text{эксп}}/ПМ_{\text{теор}}$	1,19	0,93	-	0,92	0,64	1,62	-	4,54	0,98

За динамикой влияния параметров процесса, таких как температура и состав образцов, на ход процесса термолиза следили по динамике конверсии отдельных структурных фрагментов исходного сырья.

Были проведены следующие этапы исследования:

1) Провели анализ термодеструкции индивидуальных компонентов смесей;

2) С использованием программы SCIENTIST®3.0 MicroMath® провели деконволюцию полученных дериватограмм;

3) На основании проведенной деконволюции в согласии с известными литературными представлениями о термолизе подобных классов исходных углерод-

содержащих компонентов определили состав отдельных структурных фрагментов для исходных видов сырья;

4) Провели соотнесение отдельных пиков и температурных областей их появления к термолизу выделенных отдельных структурных фрагментов;

5) Провели количественный анализ термодеструкции этих фрагментов – рассчитали скорости потери массы и общую потерю массы для каждого фрагмента и определили температуру максимумов появления пика для каждого такого структурного фрагмента.

В результате получили матрицу данных для каждого типа используемых в

работе источников сырья, с четко определенной информацией: в каком температурном диапазоне, какой структурный фрагмент биомассы или угля разлагается, и, количественно, насколько глубоко протекает его деструкция при данной температуре и скорости нагрева.

Известно, что при анализе структуры сложных по своему составу материалов на основании данных, например спектроскопии, наличие большого числа широких сильно перекрывающихся полос в спектрах вызывает необходимость применения методов разделения спектрального профиля на индивидуальные полосы (далее, полученные спектральные характеристики используются для построения и воспроизведения структурных моделей исходных материалов). При этом отмечается, что при корректном применении деконволюция первичных спектров может быть намного информативнее для анализа структуры сложных по своему составу материалов, чем, например, спектроскопия отдельных структурных составляющих исходного материала [4].

В работе для анализа полученных данных первичных дериватограмм пользовались компьютерной программой SCIEN-TIST®3.0 MicroMath®, которая позволяет разделить и подобрать необходимое количество пиков разложения в мультиплете и оптимизировать их параметры (интенсивность разложения, полуширину, положение $T_{\text{макс}}$) до тех пор, пока среднеквадратичное отклоне-

ние «подобранной» и реальной кривых не будет минимальным в каждой точке. В результате, полученная модель конверсии представляет собой набор N элементарных пиков, каждый из которых характеризуется четырьмя параметрами: положением максимума, интенсивностью, шириной и долей Лоренцева контура (формой полосы). Суперпозицией N элементарных полос является спектральная функция, которая аппроксимирует экспериментальную кривую (рисунок 5).

В работе была использована единая система видоизменения модификации и комбинирования базовых функций пиков для получения наиболее универсальных феноменологических моделей аналитических сигналов. Общее число четырех параметрических моделей может составлять около тысячи. В данной работе был применен апробированный способ дискриминации моделей, из системы моделей, и построение моделей наиболее пригодных для описания группы аналитических пиков термогравиметрических данных (для пиков термогравиметрии и дериватограмм). Для решения этой задачи принимали в рассмотрение детальные характеристики свойств пика как для целей предварительного исследования диапазона вариации формы той или иной группы аналитических пиков, так и при априорной оценке значений параметров модели при аппроксимации конкретного экспериментального сигнала.

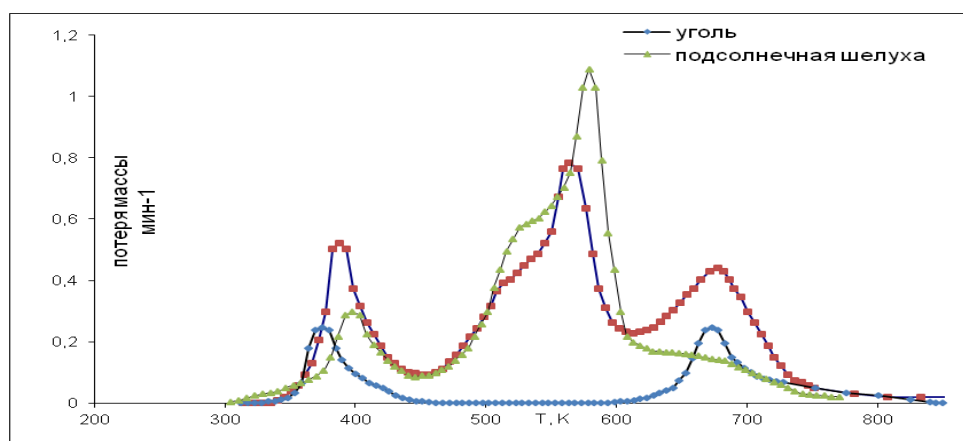


Рис. 5 — Спектральная функция совместного разложения смеси угля и шелухи подсолнечника

На предварительном этапе сравнивали способы характеристики групп экспериментальных сигналов - в данной работе использовали определенные параметры серий ана-

литических сигналов: скорость потери массы, потеря массы, $T_{\text{макс}}$ термодеструкции, скорость подъема температур, температурные области термолiza. Для оценки параметров

сигналов использовали первичную обработку сигнала (сглаживание, учет базовой линии) и, далее оценивали параметры сигнала с помощью программы «Scientist» в соответствии с процедурой, описанной выше. Для каждой серии сигналов были найдены диапазоны варьирования, среднее значение параметров и соответствующие им стандартные отклонения. На основании диапазона варьирования параметров была выбрана группа феноменологических моделей, которые позволяют наиболее оптимально описывать диапазон варьирования экспериментальных пиков. Далее проводилась аппроксимация отдельных пиков в серии, по результатам которой делался окончательный вывод о наиболее адекватных моделях для данной группы пиков.

Таким образом, на данном этапе работы был применен метод анализа данных термогравиметрии, основанный на динамике конверсии отдельных структурных фрагментов использованных индивидуальных компонентов, так называемый *online мониторинг* конверсии структурных составляющих (ряда псевдо-макро-фрагментов органической массы различных типов углеродсодержащего сырья).

Примеры деконволюции термограмм с использованием программы SCIENTIST®3.0 MicroMath® для каменноугольного сырья и сырья растительного происхождения приведены на рисунке 6 для шелухи подсолнечника и на рисунке 7 для угля.

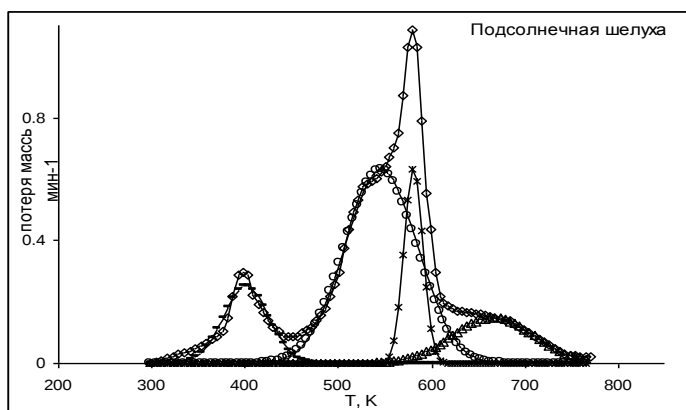


Рис. 6 – Дифференциальная термогравиметрическая кривая изменения массы подсолнечной шелухи

Из рисунка 6 видно, что по результатам ТГ–ДТГ анализа для термолиза ПШ проявляются четыре пика основного разложения биомассы. Несмотря на некоторое перекрывание пиков, с помощью предложенного подхода их можно разделить и охарактеризовать.

Органическая масса твердых органических материалов угля представляет собой термодинамически не стабильные образования, которые претерпевают глубокие превращения при нагревании. Перенос закономерностей превращения высокомолекулярных соединений на поведение органической составляющей РШ и ПШ при нагревании недостаточно правомерно из-за сложности строения этой органической массы и многообразия взаимодействий, протекающих при её переработке.

При нагревании до 350 К (рисунок 6) выделяются физически связанная влага и

адсорбированные газы (диоксид углерода, метан, компоненты воздуха), далее происходит выделение связанной воды в структуре угля (пик с $T_{\text{макс}}$ при 355 К).

Термодеструкцию органической массы угля можно условно разделить на деструкцию отдельных структурных фрагментов органической массы угля: ОМ1 - представлен пиком средней интенсивности с $T_{\text{макс}}$ при 400 К, ОМ2 - представлен достаточно интенсивным пиком с $T_{\text{макс}}$ при 425 К, ОМ3 - интенсивный пик с $T_{\text{макс}}$ при 670 К. В целом, термические превращения ОМУ начинаются при температурах около 625 К с выделения некоторого количества воды и диоксида углерода, образующихся при расщеплении химических связей на концевых участках макромолекул угля. Глубоких изменений внутренней структуры органической массы еще не происходит. При температурах выше 650 К начинается

основное разложение органической массы угля. Макромолекулы расщепляются с образованием коротко живущих свободных радикалов, претерпевающих рекомбинацию и переходящие при этом в стабильные

системы. Глубокое разложение органической массы, выделение жидких в обычных условиях продуктов (смол) завершается при температуре около 800 К.

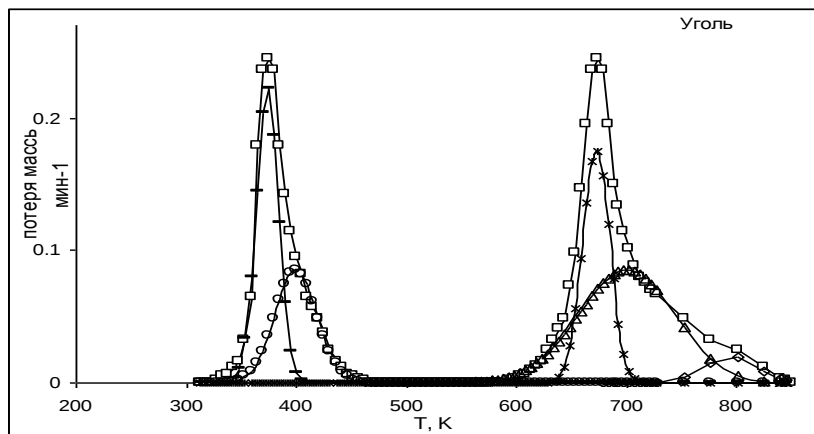


Рис. 8 – Дифференциальная термогравиметрическая кривая изменения массы угля

Закключение

Таким образом, с помощью программы «SCIENTIST[®]3.0 MicroMath[®]», полученные термогравиметрические кривые были разложены на отдельные пики и проанализированы.

После деконволюции проявляются три пика основного разложения биомассы, которые однозначно относятся к разложению гемицеллюлозы, целлюлозы, и лигнина в составе подсолнечной шелухи, протекающие соответственно в температурных интервалах 290-420, 420-600 и 620-700 К. При анализе ДТГ подсолнечной шелухи выделяются четыре области:

- 1) при 330-470 К с максимумом ~ 400 К – область потери влаги %;
- 2) при 430-670 К с максимумом ~ 550 К – процесс распада гемицеллюлозы;
- 3) при 550-620 К с максимумом ~ 580 К – стадия деструкции целлюлозы;
- 4) при 555-770 К с максимумом ~ 670 К – термодеструкция лигнина.

Полученные данные для термолиза шелухи подсолнечника находятся в полном соответствии с устоявшимися представле-

ниям о термолизе биомассы широко известными из литературы. Во время пиролиза биомассы взаимодействия компонентов не установлено, компоненты биомассы ведут себя независимо друг от друга.

Литература

- 1 Бурханов Б.Ж., Жолбаева Г.А. Ликвидация нефтяных разливов с помощью растительных отходов // Научно-технологическое развитие нефтегазового комплекса. – 2004. – С. 411-417.
- 2 Красильникова О.К., Артамонова С.Д., Волощук А.М., Евсюхин А.Е. Получение углеродных адсорбентов из абрикосовых косточек // Химия твердого топлива. – 2005. – № 4. – С. 65 - 71.
- 3 Хохлова Г.П., Петров И.Я., Сенкевич С.И., Кантеева Н.И., Сивакова Л.Г., Кряжев Ю.Г. Углеродно – волокнитые сорбенты с катионообменными свойствами // Химия твердого топлива. – 1998. – № 1. – С. 49 - 54.
- 4 Беляева Е.Ю., Беляева Л.Е. Применение целлюлозы в решении экологических проблем // Химия в интересах устойчивого развития. – 2000. – № 8. – С. 755-761.

ТHERMOGRAVIMETRIC ON-LINE MONITORING OF TRANSFORMATION OF CARBON FRAMEWORKS OF ORGANIC CARBON MATERIALS

Basynbekova A. U., Gabdrasheva Sh. E., Esen G., Ualiyev Zh. R.,
Lubchik S.B., Tulepov M.I., Mansurov Z.A.

Institute of Combustion Problems whose administrative offices are at 172, Bogenbay batyr Str.,
Almaty, 050012, Republic of Kazakhstan

Abstract

In this paper we used the method of data analysis thermogravimetry, based on the dynamics of conversion of individual structural fragments used the individual components, the so-called conversion online monitoring of structural components (number of pseudomacrofragments of organic matter of different types of carbon-containing materials). Thermolysis process of organic materials is implemented in a number of series-parallel processes in which an unstable intermediate products: there is a direct transition to solidsorbents, a systematic decrease in the mass of the solid residue, changes in the output of the gas and vapor phase, the emergence, growth and disappearance of the liquid phase. At all stages of the process, these phases interact with each other and each of them is involved in polycondensation processes leading to the formation of new liquid, solid and gas phases undergoing transformation in the subsequent stages of the thermolysis.

The nature of the destruction of chemical bonds in the thermal decomposition is more dependent on the heating rate. With slow heating selectively destroyed the least stable aliphatic and hydroxyl bond. At high heating rate accelerated thermal degradation of components, but lags behind the rate of increase in temperature therefore shifted to higher temperatures. If overheating of raw materials at the same time broken and weak, and a strong aromatic bond. Therefore, the destruction of the original organic matter becomes more random. This, of course, formed larger fragments of molecules of which are formed of the liquid phase heavy ends resins mainly asphaltene enriched oxygen and nitrogen components. The greatest amount of unsaturated and unstable degradation products formed in the range of 620-700 K. As for organic materials, organic matter which contains the largest number of strong chemical bonds, the maximum intensity of formation of volatile products is shifted into a zone of low temperatures. With increasing degree of aromaticity of this maximum is shifted to higher temperatures.

ОРГАНИКАЛЫҚ КӨМІРТЕК МАТЕРИАЛДАРЫНДАҒЫ КӨМІРТЕК КАРКАСЫНЫҢ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЯЛЫҚ ОНЛАЙН МОНИТОРИНГТЕГІ ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ

А.У. Басинбекова, Ш.Е. Габдрашева, Г. Есен, Ж.Р. Уалиев, С.Б. Любчик,
М.И. Тулепов, З.А. Мансуров

Жану проблемалары институты

Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы, Бөгенбай батыр к-сі, 172

Аннотация

Жеке компоненттерде қолданылатын фрагменттердің жеке құрылымды конверсиялық динамикасына негізделген, онлайн мониторинг деп аталатын термогравиметриялық әдіс қолданылды. Органикалық материалдардың термолиз үрдісі аралық тұрақсыз өнімдердің айда болуы кезіндегі параллельді қатарда жүзеге асырылады: сорбенттердің қатты күйге тікелей ауысуы жүреді; қатты зат қалдығының массасы систематикалық азаяды; азды және булы газ фазасының шығуы өзгереді; сұйық фазаның пайда болуы, артуы және жойылуы жүзеге асады. Барлық үдеріс сатысындағы бұл фазалар өзара әрекеттеседі және олардың әрқайсысы жаңадан пайда болатын сұйық, қатты, газ фазаның түзілуін жүргізетін поликонденсациялы үрдіске қатысады. Термиялық таралу кезіндегі химиялық байланыстардың жойылу сипаттамасы қыздырудың жылдамдығына байланысты болады. Тұрақты алифатты және гидроксильді байланыстар баяу қыздыру кезінде таңдамалы түрде бұзылады. Ал жоғары қарқынды қыздыруда компоненттердің термобұзылуы жоғарылайды. Сол себептен құрамында азот компоненттері мен оттегі бар асфальтендерде, ауыр фракциялы шайырдың сұйық фазасында пайда болатын, ірі молекула сынықтары түзіледі. Қанықпаған және тұрақсыз өнімдердің бірқатар бөлігінің таралуы 620-700 К аралығында пайда болады. Органикалық материалдар үшін, органикалық масса тұрақты байланыстардың бірнеше санын құрайды. Пайда болған тұрақсыз өнімдер төмен температуралы аумаққа ауыстырылады, ал тұрақты ароматты байланыстар жоғары температуралы аумаққа ауысыды.