



(температура кипения 170-230°C). Это фенолы, нафталин; тяжелое масло (температура кипения 230-270°C). Это нафталин и его гомологи антраценовое масло – антрацен, фенатрен и др. Важный источник ароматических соединений - коксование каменного угля. При коксовании каменного угля образуется кокс (75% от массы угля), коксовый газ (300 м<sup>3</sup> на одну тонну угля) и каменноугольная смола (2-4% от массы угля). Коксовый газ содержит 30-40 г/м<sup>3</sup> аренов - бензола, толуола и ксилолов. Из каменноугольной смолы фракционной перегонкой выделяют целый ряд органических соединений [7].

Из одной тонны каменноугольной смолы получается 8-10 кг бензола, 2 кг толуола, 0,3 кг ксилола, 40-600 кг нафталина, 5-10 кг антрацена и т.д. Всего в каменноугольной смоле идентифицировано около 500 соединений, но предполагают, что общее их число достигает десяти тысяч. Некоторые ароматические углеводороды получают в промышленности только таким путем [8].

В состав газообразных продуктов (коксового газа) входят бензол, толуол, ксилолы, фенол, аммиак и другие вещества. Из коксового газа после очистки от аммиака, сероводорода и цианистых соединений извлекают сырой бензол, из которого выделяют отдельные углеводороды и ряд других ценных веществ [9, 10].

Из коксового газа углеводороды извлекают промывкой в скрубберах жидкими поглотительными маслами. После отгонки от масла, разгонки из фракции, очистки и повторной ректификации получают чистые товарные продукты, как-то: бензол, толуол, ксилолы и др. Из непредельных соединений, содержащихся в сыром бензоле, получают кумароновые смолы, используемые для производства лаков, красок, линолеума и в резиновой промышленности. Перспективным сырьем является также циклопентадиен, который также получают из каменного угля. Каменный уголь – сырье для получения нафталина и других индивидуальных ароматических углеводородов. Важнейшими продуктами переработки являются пиридиновые основания и фенолы.

### Исследование получения активированного угля (АУ) из каменного угля

Проведено экспериментальное исследование технология получения АУ из различного сырья, которая включает две стадии:

1. Стадия карбонизации, сопровождается отгонкой жидких фракций. Проводится при температуре до 1000° С в замкнутом пространстве с отводом для отгонки жидких фракций. Время процесса 3 ч. Предполагается, что оставшийся в системе кислород дает потерю менее 0,01% готового продукта. К патрубку отгонки возможно подключение компрессора для создания разрежения, т.е. создания условий для лучшей отгонки жидких фракций. Температуру следует повышать постепенно от 80 – 100 до 1000°C для лучшего оттока жидких фракций в течение 30 – 60 минут. В

случае отсутствия вакуума необходима отдувка инертным газом (азот, аргон и т.п.);

Отогнанная фракция может содержать сырьевые полуфабрикаты, включающие ароматическую (%) и алифатическую (до 12 %) составляющие, которые могут быть выделены ректификационным способом в несколько (указать кол-во) стадий.

2. Стадия активации, включающая обработку паром под высоким давлением при температуре до 200°C. Для проведения активации необходим парогенератор.

Предлагается получение угля в периодических условиях в едином аппарате в две стадии. Принципиальная схема процесса представлена на рис. 1.

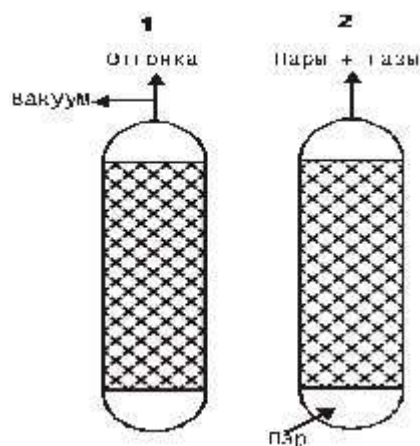


Рис. 1 - Предлагаемая технология получения АУ из каменного угля: 1 – Отгонка + Карбонизация (100 – 1000°C); 2 – Активация (120 – 200°C)

Образец каменного угля представлен твердым углеродистым веществом и более чем на 80% состоит из органических веществ. Содержание воды составляет около 10 мас.%. После полного термического разложения и сгорания каменного угля при доступе воздуха до 900°C остается минеральный остаток (зола) в количестве 6,6 мас.% в виде желтого порошкообразного продукта (определено гравиметрически, рис.2).

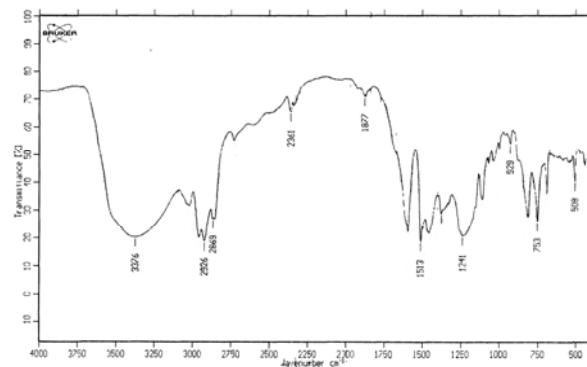


Рис. 2 - Дериватограмма каменного угля (навеска 100 мг)

После процесса коксования (до 700 °С) и удаления жидких фракций, выход кокса составляет

75 мас.%. Выход смол не превышает 10 мас.%. Распределение компонентов смол по температурам кипения: фракции

до 150°C – 10% (n=1,469);  
до 250°C – 30% (n=1,525);  
свыше 250°C – 60%.

Предварительные исследования позволили выявить, что смолы коксования представляют собой преимущественно ароматические продукты разнообразного строения (по ИК-спектру, рис. 3).

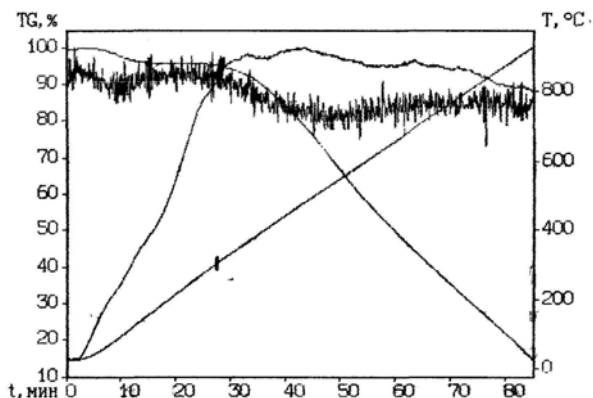


Рис. 3 – ИК спектр смолы, выделившейся при коксовании каменного угля

Среди идентифицированных структурных групп преобладают моно- и биалкилпроизводные бензола, нафталина и более конденсированных ареновых структур, а также фенол и его производные. Суммарное количество алканов нормального и разветвленного строения, а также циклоалканов не превышает 10% от общего количества углеводородов в смоле коксования (по хроматограмме, рис 4).

Таблица 1 - Динамика потери массы

Интервал температур, °С	Потеря массы, %
25-154	4,2
154-209	0,2
209-300	0,4
300-350	1,9
350-400	4,1
400-450	6,4
450-500	7,4
500-550	8,9
550-600	8,3
600-650	7,3
650-700	7,0
700-750	6,5
750-800	6,3
800-850	6,3
850-900	6,6

Остаток 6,6% - минеральная составляющая желтого цвета

Соотнесение основных полос поглощения со структурными группами:  
3376 см<sup>-1</sup> – структуры с гидроксильной группой (фенолы, крезолы и т.п.);  
3023 см<sup>-1</sup> – С-Н связи ароматических структур;  
2961, 2926, 2869 см<sup>-1</sup> – С-Н, CH<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub> связи насыщенных структур;  
1596, 1513 см<sup>-1</sup> – C=C связи ароматических структур;  
1458, 1378 см<sup>-1</sup> – CH<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub> связи насыщенных структур  
1241 см<sup>-1</sup> – гетероатомные структуры  
814, 691 см<sup>-1</sup> – С-Н связи ароматических структур;  
753 см<sup>-1</sup> – фенолы.

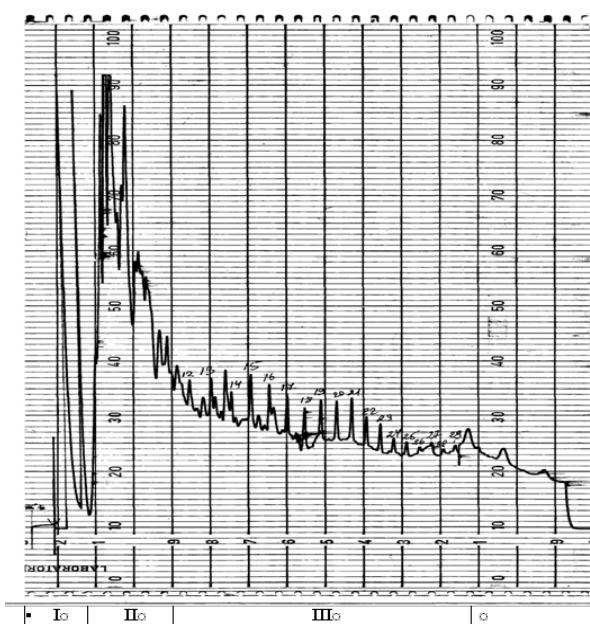


Рис. 4 – Хроматограмма смолы, выделившейся после коксования угля: I – моноалкилбензолы; II - моно- и биалкилпроизводные нафталина и фенолов; III – насыщенные углеводороды нормального и изостроения (число над пиком соответствует количеству атомов углерода в молекуле)

### Литература

1. Тарковская, И.А. Сто профессий угля. / И.А. Тарковская. – Киев. Наукова думка, 1990 - 200 с.
2. Уилсон, К.Л. Уголь - "мост в будущее". / К.Л. Уилсон. - М.: Недра, 1985. - 496 с.
3. Тарасевич, Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. / Ю.И. Тарасевич. - Киев: Наукова думка, 1981. - 208 с.
4. Махорин, К.Е. Физико – химические характеристики углеродных сорбентов / К.Е. Махорин, И.Л. Пищай // Химия и технология воды. – 1996, Т.18, № 1. - С.74-83.
5. Химическая технология твердых горючих ископаемых / Под ред. Г. Н. Макарова, Г. Д. Харлампович. - М.: Химия, 1986. - 496 с.
6. Павлова, И.В. Процессы коксообразования на поверхности некоторых материалов / И.В.Павлова,