

**Таблица 1.** Характеристика ашальчинского битума

Элементный состав, % мас.					Вещественный состав, % мас.		
С	Н	S	О	N	Масла	Смолы	Асфальтены
82,1	10,4	4,6	1,9	1,0	67,6	26,2	6,2

**Таблица 2.** Состав продуктов термолиза природного битума

Добавка Мо, % мас.	Продукты крекинга, % мас.			Содержание, % мас.		
	Газ	Жидкие	Кокс	Масла	Смолы	Асф-ны
0,0	1,0	97,2	1,8	70,2	19,7	7,3
1,0	5,2	93,8	1,0	72,0	15,2	6,6
0,5	2,0	96,9	1,1	74,9	15,0	7,0
0,1	0,9	97,3	1,8	74,9	17,0	5,4

ных продуктов. Оставшиеся продукты вымывались из реактора хлороформом и фильтровались. Затем фильтр с осадком отмывался в аппарате Сокслета от мальтенов (углеводороды + смолы). Совокупность масс твердого остатка в реакторе, после промывки его хлороформом, и на фильтре, за вычетом УДП, определялась как количество образовавшегося при термолизе кокса.

Содержание асфальтенов определялось путем растворения навески в н-гексане в объемном соотношении 1:40 с последующим выдерживанием раствора в течение суток и фильтрацией выпавшего осадка. Фильтр с осадком отмывался от масел (углеводородов) и смол, а затем асфальтены с фильтра выделялись хлороформом. Мальтены наносились на силикагель АСК и загружались в аппарат Сокслета для последо-

вательного элюирования масел горячим н-гексаном и затем смол смесью этанола и бензола 1:1 по объему. Выделенные масла и смолы и асфальтены доводились до постоянного веса.

По составу продуктов термолиза видно, что в отсутствие добавки образуется наибольшее суммарное количество кокса и асфальтенов (9,2 % мас.), тогда как термолиз битума с добавками сопровождается образованием меньших количеств твердых продуктов и смолисто-асфальтеновых веществ (табл. 2).

Установлено, что добавление к битуму 0,1% УДП Мо способствует наибольшему выходу масляных компонентов 74,9% при минимальном выходе газа и кокса – 0,9 и 1,8 % мас. При этом доля асфальтенов в термолизате наименьшая и составляет 5,4 % мас.

### Список литературы

1. Дорохин В.П., Палий А.О. Состояние и перспективы добычи тяжелых и битуминозных нефтей в мире // *Нефтепромышленное дело*, 2004. – №5. – С.47–50.
2. Шарыпов В.И., Береговцова Н.Г., Барышников

ков С.В., Кузнецов Б.Н. Пиролиз нефтяного остатка и некоторых органических соединений в среде водяного пара в присутствии гематита // *Химия в интересах устойчивого развития*, 1997. – №3. – С.287–291.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТОРА ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

М.С. Курзаева

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.И. Кривцова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, lina\_margo@sibnet.ru

Под химическим реактором подразумевают аппарат, в котором осуществляют химическую реакцию. Конструкция реактора и химический процесс, протекающий в нем, оказывают важное влияние на технологию процесса, в данном

случае на протекание процесса гидроочистки дизельного топлива [1].

Основная цель процесса гидроочистки дизельных топлив удаление из исходной дизельной фракции сернистых и смолистых соединений,

непредельных углеводородов и в некоторых случаях частично ароматических углеводородов.

Гидроочистка сернистых дизельных фракций осуществляется на АКМ или АНМ катализаторах при следующих параметрах процесса: давление 3,0–4,0 МПа; температура 350–360 °С; объемная скорость подачи сырья 4–6 ч<sup>-1</sup>, парциальное давление водорода 1,8–2,0 МПа.

Основными реакциями процесса гидроочистки являются [2]:

1) для углеводородных компонентов:

- насыщение непредельных углеводородов,
- насыщение ароматических колец,
- крекинг алканов и циклоалканов,
- dealкилирование алкилбензолов,
- гидроизомеризация алканов.

2) для неуглеводородных компонентов:

- гидрогенолиз сернистых соединений,
- гидрогенолиз азотсодержащих, соединений,
- гидрогенолиз кислородсодержащих соединений,
- разрушение металлоорганических соединений.

Реактор процесса гидроочистки дизельного топлива представляет собой цилиндрический аппарат со сферическими днищами. Данный реактор представляет собой сосуд, предназначенный для работы под давлением водорода (до 6,6 МПа) и температуре до 500 °С [3].

Математические модели химических реакторов строятся на основе блочного принципа с использованием типовых гидродинамических моделей, учитывающих движение потоков вещества.

Математическая модель идеального вытеснения представляет собой дифференциальное уравнение в частных производных. Если в математической модели идеального вытеснения учесть источник изменения концентрации за счёт химической реакции, то материальный баланс реактора идеального вытеснения можно записать в виде:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -U \frac{\partial C_i}{\partial t} \pm W_i$$

где  $C_i$  – концентрация соответствующего  $i$ -го вещества;  $W_i$  – скорость реакции по  $i$ -му веществу.

При расчете любого химического реактора используют уравнение материального баланса записанного в виде мольного потока  $i$ -го исходного реагента:

$$G_{i,вх} = G_{i,вых} + G_{i,нак} + G_{i,r}$$

$G_{i,вх}$  – количество  $i$ -го исходного реагента, поступающего в элементарный объем реактора в единицу времени;  $G_{i,вых}$  – количество вещества, выходящего из элементарного объема реактора в единицу времени;  $G_{i,нак}$  – количество  $i$ -го исходного реагента накапливаемого в элементарном объеме реактора;  $G_{i,r}$  – количество  $i$ -го исходного реагента, вступившего в реакцию.

Уравнение теплового баланса реактора гидроочистки можно записать так:

$$Q_c + Q_{ц} + Q_s + Q_{гн} = \sum Q_{см}$$

где  $Q_c$ ,  $Q_{ц}$  – тепло, вносимое в реактор со свежим сырьем и циркулирующим водородсодержащим газом;  $Q_s$ ,  $Q_{гн}$  – тепло, выделяемое при протекании реакций гидрогенолиза сернистых и гидрирования непредельных соединений;  $\sum Q_{см}$  – тепло, отводимое из реактора реакционной смесью.

Средняя теплоемкость реакционной смеси при гидроочистке незначительно изменяется в ходе процесса, поэтому тепловой баланс реактора можно записать в следующем виде:

$$Gct_0 + \Delta S q_s + \Delta C_{H_2} = Gct, \\ t = t_0 + (\Delta S q_s + \Delta C_{H_2}) / (Gc),$$

где  $G$  – суммарное количество реакционной смеси, % (масс.);  $c$  – средняя теплоемкость реакционной смеси, кДж/(кг·К);  $\Delta S$ ,  $\Delta C$  – количество серы и непредельных, удаленных из сырья, % (масс.);  $t$ ,  $t_0$  – температуры на входе в реактор и при удалении серы  $\Delta S$ , °С;  $q_s$ ,  $q_H$  – тепловые эффекты гидрирования сернистых и непредельных соединений, кДж/кг.

### Список литературы

1. Солодова Н.Л., Терентьева Н.А. Гидроочистка топлив. Учебное пособие.– Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2008.– 103с.
2. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа– Уфа: Гилем, 2002.– 669с.
3. Методические указания к курсовому и ди-

пломному проектированию «Гидроочистка, гидрообессеривание и гидрокрекинг нефтя-

ного сырья». // Сост. В.Г. Власов.– Самара: СамГТУ, 2010.

## АДСОРБЦИЯ КРАСИТЕЛЯ МЕТИЛЕНОВОГО ГОЛУБОГО НА ТОРФЕ

К. Курмаш

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.С. Архипов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, kota\_kz\_83@mail.ru

По современным представлениям нефти и нефтепродукты признаны приоритетными загрязнителями окружающей среды. По степени влияния на окружающую среду нефтедобывающие предприятия входят в десятку наиболее опасных. Неизбежный вынос на поверхность нефти и нефтепродуктов в результате аварий в процессе нефтедобычи приводит к гибели растений и деградации осень неустойчивых почв западной Сибири, ведет к общему сдвигу биосферных процессов на земле.

Для очистки нефтезагрязненных территорий находят применения сорбционные методы. На территории Томской области для этих целей может быть использован торф, распространенный в районах добычи нефти. Перспективность использования торфа для поглощения нефтяных загрязнений связана с его доступностью, дешевизной и высоким уровнем механизации торфодобычи [1–3].

В экспериментальной практике водорастворимые синтетические органические красители нашли широкое применение как модельные вещества для определения показателей адсорбции из водных растворов. Органические красители образуют в водных растворах ассоциаты различной сложности. Это их свойство позволяет

использовать растворы красителей для оценки качества сорбентов по отношению к НП и другим загрязнителям СВ с близкими физико-химическими свойствами. Применение красителей для оценки качества сорбентов обусловлено рядом методических преимуществ: стабильность состава красителей, простота приготовления растворов, высокая чувствительность, экспрессность и надежность фотоколориметрического определения концентрации красителей в растворе.

Адсорбцию проводили на установке, включающей адсорбционную ячейку и перистальтический насос. В ячейку помещали 1 г торфа и 25 см<sup>3</sup> красителя. В течение 30 мин. раствор циркулировал в ячейке с торфам. Затем в растворе определяли конечную концентрацию красителя с помощью фотоэлектроколориметра ФЭК-56М. Вес поглощенного торфом красителя определяли по разнице между исходной и конечной концентрацией красителя в растворе.

В данной работе для проведения анализа был использован верховой сфагновый торф, отобранный в центральной части Васюганского торфяного месторождения в районе г. Кедрового (в 74 км от г. Кедровый, 168 км от село Парбиг).

Исследован деятельный слой торфяной за-

Таблица 1.

Слой торфа, см	Навеска Мс, г	Влажность торфа W, %	Масса сухого торфа М, г	Оптическая плотность ρ	Конц. МГ после адсорбции С, мг/л	Вес МГ а, мг	Величина адсорбции А, мг/г	А ср. мг/г
0–10	1,1347	76	0,2723	0,118	27,5	9,31	34,19	34,21
	1,1409		0,2738	0,100	25,0	9,375	34,24	
15–30	0,9785	51,66	0,5055	0,093	24,3	9,392	18,58	18,79
	0,9817		0,5071	0,058	12,5	9,687	19,0	
50–60	1,1358	78,77	0,2411	0,125	28,7	9,282	38,5	39
	1,1102		0,2357	0,120	27,5	9,312	39,5	
Ниже 60	1,0956	81,77	0,1997	0,158	37,1	9,072	45,42	45,39
	1,0958		0,1997	0,16	37,5	9,062	45,37	