

**Секция 6.** Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов**Список литературы**

1. Спирин Э.К. *Теоретические основы защиты окружающей среды [Электронный ресурс] / Э.К. Спирин, Н.Ю. Луговцова. – Юрга: ЮТИ ТПУ, 2010. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).*
2. Залетова Н.А. *Глубокое удаление азота и фосфора из сточных вод // Жилищное и коммунальное хозяйство, 1993. – №7. – С.38–40.*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИОЛЕФИНОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ БИТУМОВ

Е.С. Охотникова, Ю.М. Ганеева, И.Н. Фролов, А.А. Фирсин, А.Х. Тимиргалиева  
Научный руководитель – д.х.н., в.н.с. Т.Н. Юсупова

*Институт органической и физической химии имени А.Е. Арбузова КазНЦ РАН  
420088, Россия, г. Казань, ул. Арбузова 8, arbutov@iorg*

На сегодняшний день до 70% выпускаемых в России битумов не соответствуют по качеству требованиям современного рынка. Одним из путей решения этой проблемы является введение в состав битумов полимерного модификатора [1]. В качестве модификаторов битума широкое распространение получили полиолефины, такие как полиэтилен и полипропилен [2]. С экологической точки зрения, использование вторичных полимеров в качестве модификаторов битумов является хорошим способом утилизации пластиковых отходов. Причем полученные данным способом битум-полимерные композиции (БПК) не уступают по качеству БПК, модифицированным чистыми полимерами. Также это может быть интересно с экономической точки зрения, принимая в расчет низкую стоимость вторичных полимеров [3].

В данной работе изучены пластические свойства и структура БПК на основе битума БНК 40/180 (ООО ПО «Киришинефтеоргсинтез»). Температура размягчения битума составляет 42 °С, температура хрупкости –25 °С, пенетрация при 25 °С 160•0,1 мм. В качестве полимерного модификатора использован вторичный полиэтилен (ПЭ) с температурой плавления 128 °С и энтальпией плавления 83 Дж/г. БПК приготовлены перемешиванием расплава битума и полимера с использованием двух лопастной Z – образной мешалки при температуре 180 °С и скорости вращения 420 об/мин в течение 8 часов. Содержание полимерного модификатора в составе БПК варьировалось в пределах от 1 до 13 % масс.

При увеличении содержания ПЭ температуры размягчения и хрупкости БПК увеличиваются до 114 °С и –5 °С, соответственно, а пенетрация уменьшается до 34•0,1 мм. Изменение

температуры размягчения описывается уравнением:

$$T_p = -0,1\omega_{\text{ПЭ}}^3 + 1,6\omega_{\text{ПЭ}}^2 - 0,2\omega_{\text{ПЭ}} + 42,$$

где  $T_p$  – температура размягчения БПК (°С),  $\omega_{\text{ПЭ}}$  – массовая доля полиэтилена (% масс). Коэффициент достоверности аппроксимации данного уравнения  $R^2=0,99$ . Изменение температуры хрупкости имеет более сложный характер. При увеличении концентрации введенного ПЭ от 0 до 3 % масс. температура хрупкости снижается с –25 до –27 °С, при дальнейшем увеличении концентрации повышается. При этом наиболее резкий скачок (с –20 до –5 °С) наблюдается при увеличении концентрации ПЭ с 5 до 7 % масс. Изменение пенетрации (П) в концентрационном интервале от 1 до 9 % масс. описывается линейным уравнением:

$$P = -12,7\omega_{\text{ПЭ}} + 166.$$

Коэффициент достоверности аппроксимации  $R^2=0,99$ . При дальнейшем увеличении концентрации введенного ПЭ пенетрация изменяется незначительно.

С использованием метода оптической микроскопии установлено изменение структуры БПК при увеличении содержания в них ПЭ. Этот метод позволяет визуально оценить распределение и рассчитать долю полимер-обогащенной фазы (ПОФ), которая на микрофотографиях БПК фиксируется в виде светлых участков. Она содержит полимер и адсорбированные им битумные компоненты. В интервале концентраций от 1 до 5 % масс. полимерная фаза диспергирована в битуме в виде отдельных частиц, при увеличении концентрации ПЭ размер частиц и доля ПОФ увеличивается. При этом если для БПК с содержанием ПЭ 1 % масс. доля ПОФ

составляет около 2%, то для БПК с содержанием 5 % масс. ПЭ – около 50%. При содержании ПЭ 7 % масс. и выше происходит инверсия фаз, т.е. ПОФ становится непрерывной, на её долю приходится более 85%. Величина набухания вторичного ПЭ в компонентах битума, которая определяется как отношение количества ПОФ к количеству введенного ПЭ, равняется 10. Следует отметить, что для первичных ПЭ этот показатель существенно ниже [1].

В ходе работы на основе статистической об-

работки экспериментальных данных определены уравнения изменения пластических свойств (температуры размягчения, пенетрации) БПК при увеличении концентрации вторичного ПЭ. Установлена концентрация ПЭ (7 % масс.), при которой происходит обращение фаз БПК, и, как следствие, резкое увеличение температуры хрупкости.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-73-10011).

### Список литературы

1. Lesueur D. // *Advances in Colloidal and Interface Science*, 2009.– V.145.– P.42–82.
2. Garcia-Morales M., Partal P., Navarro F.J. et al. // *Fuel*, 2004.– V.83.– P.31–38.
3. Fuentes-Audern C., Sandoval J.A., Jerez A. et al. // *Polymer Testing*, 2008.– V.27.– P.1005–1012.

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ МАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА И УГОЛЬНОГО НЕДОЖОГА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ

И.А. Перминова

Научный руководитель – инженер И.О. Налесник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, irina.permiova.99@gmail.com

Сегодня в России зарегистрированы более 7 500 электростанций, из них более 2 500 – тепловые электростанции [ТЭС], более 200 – атомные [1]. При этом ТЭС вырабатывают 67% потребляемой электрической мощности [2]. Ежегодно только в России образуется более 300 млн. т. зольных отходов производства, в частности, на золоотвале №2 Северной ТЭС размещено около 20 млн. т. Для хранения данных отходов строятся золоотвалы, занимающие значительную площадь, из них более 115 переполнены.

Кроме того, отвалы пылят, что оказывает негативное влияние как на экологию в целом, так и на здоровье людей, проживающих вблизи. Атмосферные осадки, просачиваясь сквозь золу, частично растворяют минеральный остаток, вызывая загрязнение земель и подземных вод. Таким образом, золошлаковые отходы [ЗШО] прямо или косвенно оказывают влияние и на жизнь человека.

Структурно ЗШО от факельного сжигания Кузбасских углей содержат шлак размерами от 100 до 5 мм, шлаковый песок от 5 до 0,5 мм и золу (частицы <0,5 мм) в качестве основной массы (до 65–70%). Зола Северной ТЭС содержит до 12–15% угольного недожога (недого-

ревшего молотого угля) и до 10–12% магнетита (оплавленных черных шариков окисла железа). Оставшаяся большая часть золы – это масса шарообразных или округлых частиц разных цветовых оттенков (так называемая тонирующая алюмосиликатная микросфера). Все эти компоненты представляют интерес для возможного промышленного применения.

Целями данной работы являются: 1) рассмотрение структуры угольного недожога и магнетита; 2) опробование гидродинамических способов их выделения из золы.

Работа выполнена летом 2017 года на Северском золоотвале. Извлечение указанных продуктов основано на разнице в плотностях частиц угольного недожога и магнетита от основной массы золы (алюмосиликатных частиц). В работе опробованы гидроциклон для выделения магнетита и винтовой сепаратор для разделения магнетита и недожога. Выход концентратов определялся мной на кафедре ОХТ.

С помощью электронного микроскопа получены фотографии исходной золы и концентратов недожога и магнетита. Одновременно в лаборатории ТГУ выполнены рентгеноспектральный микроанализ частиц недожога и фазовый анализ