EDN: MDBERC
УДК 621.002.3-419; 620.22-419 *2.2.6*

НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ И АСФАЛЬТЕНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

М.Р. Якубов[1], Д.Н. Борисов[1], С.Г. Якубова[1], Э. Г. Тазеева[1], Д. И. Тазеев[1], Л. К. Каримова[2], А. И. Хасанов[2]

[1] Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр “Казанский научный центр Российской академии наук»
РФ, 420088, г. Казань, ул. Арбузова, д.8

[2] ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
РФ, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

Аннотация. В данном исследовании рассматриваются инновационные композиционные материалы на основе полиолефинов и асфальтовых концентратов с акцентом на доступные многофункциональные наполнители, улучшающие механические, термические, реологические и электрические свойства полимеров. Использование нефтяных асфальтенов и остатков гидрокрекинга в качестве наполнителей демонстрирует повышение долговечности полимеров благодаря антиоксидантному эффекту и устойчивости к термо- и УФ-деградации, что подчеркивает их потенциал в производстве экологичных полимерных композитов.

Ключевые слова: Полиолефины, асфальтовые концентраты, композитные наполнители, антиоксидантные свойства, долговечность полимеров, термостойкость, устойчивость к УФ-излучению

В настоящее время в полимерной промышленности имеется постоянная и нарастающая потребность в многофункциональных недорогих наполнителях, которые бы позволяли обеспечить частичное замещение полимера без ухудшения его эксплуатационных характеристик, а в ряде случаев даже улучшить некоторые специфические свойства, не присущие ненаполненным полимерам. Такие углеродные материалы, как технический углерод, графит, шунгит, измельченный нефтяной кокс и др. используют для армирования полимерной матрицы, в качестве пигмента, для улучшения атмосферостойкости и других характеристик полимерного материала.

Нефтяные асфальтеновые концентраты также рассматриваются как универсальные наполнители для полимерных композиций из-за их низкой стоимости, доступности, и экологичности. На примере полиэтилена, полипропилена, поликарбоната, полиметилметакрилата и эпоксидной смолы отмечалось улучшение их механических, термических, реологических и электрических свойств при введении асфальтенов. Установлено, что нефтяные асфальтены и смолы проявляют антиоксидантные свойства и способны ингибировать негативные процессы термо- и УФ-деструкции полимеров за счет способности поглощать и рассеивать электроны и фотоны.

В процессе переработки нефти асфальтены концентрируются в тяжелых нефтяных остатках, которые до сих пор воспринимаются как побочный продукт. В большинстве тяжелых нефтяных остатков основными компонентами являются асфальтены и смолы, а также небольшая часть высококипящих углеводородов. Нефтяные смолы в данном случае

имеют лучшее сродство с неполярным полиэтиленом, способствуют однородному распределению более крупных молекул асфальтенов и обеспечивают их улучшенную дисперсию в матрице полимера. В связи с этим для нефтяных остатков с повышенной долей асфальтенов и смол открываются широкие возможности для использования в качестве наполнителей для полимеров. При этом необходимо учитывать, что вариация состава и свойств различных остатков может значительно влиять на конечные свойства композиционных полимерных материалов и требуется детальная проработка всех аспектов их получения.

На нефтеперерабатывающем заводе АО «ТАИФ-НК» с 2021 года реализован уникальный процесс комбинированного термо- и гидрокрекинга гудрона в суспензионной фазе, который позволяет достигать высокого выхода светлых нефтепродуктов до 98,2 % и глубины переработки до 98,6 %. В качестве побочного продукта в данном процессе образуется концентрированный остаток гидрокрекинга гудрона (КОГГ), в котором отмечается высокое содержание асфальтенов, что позволяет рассматривать этот остаточный нефтепродукт в качестве перспективного наполнителя для полимеров.

В результате проведенных исследований выявлены основные особенности компонентного состава КОГГ. Содержание асфальтенов в КОГГ составляет 48,6 масс. %, смол – 14,3 масс. % и углеводородов – 23,2 масс. %. Кроме того, в составе КОГГ присутствует небольшое количество карбенов (7,9 масс. %) и карбоидов (6,0 масс. %), которые представляют собой полимерные молекулы асфальтенов линейного и сетчатого строения. Результаты сопоставительного анализа асфальтенов и смол КОГГ методами ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии МАЛДИ, элементного анализа, ТГА, ЭПР и ААС позволяют предположить, что в их составе в основном присутствуют новообразованные полиароматические структуры, которые не могут быть конвертированы в дистилляты в условиях гидрокрекинга. Анализ молекулярно-массового распределения показал, что асфальтены и смолы КОГГ отличаются меньшими значениями молекулярной массы в сравнении с аналогичными компонентами гудрона, при этом асфальтены КОГГ в данном случае имеют близкие характеристики со смолами гудрона.

Использование КОГГ в качестве наполнителя для полиэтилена и полипропилена приводит к повышению значений их ПТР, что связывается с пластифицирующим действием нефтяных компонентов. С учетом выявленных особенностей состава асфальтенов и смол КОГГ можно предположить их более эффективное распределение в неполярной матрице полиолефинов и снижение межмолекулярных взаимодействий в дисперсной системе по сравнению с соответствующими нефтяными компонентами из гудрона. Показано, что использование КОГГ дает возможность регулирования определенных физико-механических показателей полимерных материалов, в частности оценено изменение реологических, прочностных, деформационных и температурных свойств новых полимерных композиций. Таким образом, КОГГ можно рассматривать в качестве удешевляющего наполнителя композиционных полимерных материалов на основе полиолефинов для производства изделий неответственного назначения.

Работа выполнена за счет предоставленного в 2024 году Академией наук Республики Татарстан гранта (Соглашение № 19/2024-ФИП) на осуществление фундаментальных и прикладных научных работ в научных и образовательных организациях, предприятиях и организациях реального сектора экономики Республики Татарстан.

NEW COMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYOLEFINS AND ASPHALTENE CONCENTRATES

M.R. Yakubov[1], D.N. Borisov[1], S.G. Yakubova[1], E.G. Tazeeva[1], D.I. Tazeev[1], L.K. Karimova[2], A.I. Khasanov[2]

[1]Institute of organic and physical chemistry named after A.E. Arbuzov - separate structural unit of the federal state budgetary institution of science “Federal Research Center “Kazan Scientific Center Of The Russian Academy Of Sciences”
8, Arbusov St., Kazan, 420088, Russian Federation

[2]Kazan National Research Technological University
68, K. Marx St., Kazan, 420015, Russian Federation

Absrtact. This study explores innovative composite materials based on polyolefins and asphalt concentrates, focusing on affordable multifunctional fillers that enhance polymers’ mechanical, thermal, rheological, and electrical properties. Using petroleum asphaltenes and hydrocracking residues as fillers demonstrates improved polymer durability through antioxidant effects and resistance to thermo- and UV-degradation, highlighting their potential in sustainable polymer composites.

Keywords: Polyolefins, Asphalt concentrates, Composite fillers, Antioxidant properties, Polymer durability, Thermal stability, UV resistance.

Материалы представлены на Международной научно-практической конференции «Современные подходы и практические инициативы в инженерных науках» (г. Казань, 2-3 октября 2025 года).

Статья представлена в редакцию 15 августа 2025 г.