

ным порошком ФОРУМ® и оксидом алюминия ( $Al_2O_3$ ). Подготовка компонентов заключалась в просушке при температуре 180 °С в течении 4 ч. Высушенный  $Al_2O_3$  подвергали активации на мельнице планетарного типа «Активатор-2S» в течении 2 минут с частотой вращения барабанов 1 800 оборотов/мин. Образцы для испытаний получали сухим смешением навесок компонентов с последующим холодным прессованием для их формования, после чего спекали в муфельной печи при температуре 375 °С и производили калибровку, для корректировки формы образцов, устранения последствий термической усадки при спекании. Основные технические характеристики были получены по стандартным методам. Прочность при сжатии определяли при комнатной температуре на испытательной машине «Autograph» фирмы Shimadzu, Япония. Ползучесть ПКМ при растяжении определяли по ГОСТ 18917-2014, где сущность метода заключается в приложении нагрузки к образцу в течение длительного времени. Скорость массо-

вого изнашивания определяли с помощью универсального триботметра CETR UMT-3.

Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что комплексное наполнение в определенном сочетании обеспечивает высокую степень взаимодействия между полимером и наполнителем, тем самым приводит к значительному улучшению свойств композитов на основе ПТФЭ. Для исследования ползучести при растяжении в качестве объекта был выбран композит с содержанием 18 мас. % БВ и 0,5 мас. %  $Al_2O_3$  акт. Выбор этого композита обусловлен тем, что образец показал повышенную износостойкость – в 1 500 раз выше, чем исходный полимер, а также высокую прочность на сжатие, превышающую прочность чистого ПТФЭ на 40–50 %. Анализ проведенных исследований хладотекучести композитов показал снижение относительного удлинения в 2,8 раза по сравнению с исходным ПТФЭ. Таким образом, получены новые перспективные рецептуры ПКМ на основе ПТФЭ триботехнического назначения с повышенными эксплуатационными характеристиками.

### Список литературы

1. Охлопкова А.А., Васильев С.В., Гоголева О.В. // *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*, 2011. – №6. – С.404–409.
2. Охлопкова А.А., Васильев С.В., Гоголева О.В. // *Арктика XXI век. Технические науки*, 2014. – С.11–19.
3. Охлопкова А.А., Васильев С.В., Панова Е.В. // *Химия: образование, наука, технология. Якутск*, 2013. – С.233–236.

## ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТНОЙ МАТРИЦЫ ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ ИНДИКАТОРАМИ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

А.В. Хачковский, А.М. Ильина

Научный руководитель – д.х.н., профессор М.А. Гавриленко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, [glenke@tpu.ru](mailto:glenke@tpu.ru)

Хлорорганические соединения используют в нефтедобывающей промышленности в составе технологических жидкостей для повышения эффективности скважин, при их промывке и глушении. Кроме того, попадание хлорорганических веществ в товарную нефть связано с их применением в качестве ингибиторов коррозии за счет растворения парафинов внутри трубо-

проводного транспорта. Необходимость их использования связана с технологичностью процесса замены ингибиторов, которая может быть выполнена без прерывания процесса производства или транспортировки.

Традиционное определение хлорорганических веществ связано с их разрушением бифенилом натрия на хлорид-анион и органиче-

**Таблица 1.** Результаты сравнительного анализа определения хлорорганических соединений (МС – ГОСТ Р 52247-2004)

Объект анализа	Ожидаемое содержание, мг/кг	Найдено, мг/кг			
		ПММ		МС	
		$x \pm \Delta x$	$s_r$	$x \pm \Delta x$	$s_r$
Нефтяная фракция 1	500–700	608±30	0,08	640±20	0,009
Нефтяная фракция 2	300–400	338±16	0,04	325±4	0,018

ский остаток, после чего неорганический анион связывают титрованием раствором соли серебра [1]. В настоящее время для избирательного определения различных веществ перспективно использование комбинированных методов, сочетающие сорбционное выделение определяемых элементов и последующее определение непосредственно в твердой фазе методами спектроскопии.

Образованные после взаимодействия хлорорганических соединений с бифенилом натрия в нефти неорганические галоиды, содержание которых соответствует хлорорганическим соединениям в исходном образце нефти, извлекают полиметакрилатной матрицей (ПММ) с иммобилизованным комплексом дифенилкарбазона с ртутью (II). Для определения хлорид-ионов использовали его способность образовывать устойчивые комплексы с ртутью (II), результатом чего является ослабление окраски комплекса ртути (II) с дифенилкарбазоном [2]. Изменение окраски полиметакрилатной матрицы связано с разрушением окрашенного комплекса ртути (II) с дифенилкарбазоном прямо пропорциональной зависимостью. Максимум поглощения образованного соединения в полимерной фазе совпадает с максимумом поглощения дифенилкарбазона с ртутью в растворе и соответствует 550 нм. Проведенное исследование показало возможность использования ПММ, модифицированной ДФК-Hg(II), в качестве чувствительного оптического элемента при определении хлорорганических соединений в качестве готовой аналити-

**Рис. 1.** Сканированное изображение цветовой шкалы для определения хлорид-ионов

ческой среды с детектированием твёрдофазной спектрофотометрией или колориметрическим определением по изменению интенсивности окраски. Цветовая шкала для колориметрического построена сканированием пластин ПММ после экстракции определяемого компонента. Интенсивность окраски сравнивали со стандартной цветовой шкалой, то есть с интенсивностью окраски полимерной матрицы после сорбции интересующего компонента с известной концентрацией. В присутствии хлорид-ионов в зависимости от их концентрации цвет матрицы изменяется на розовый в результате разрушения комплекса дифенилкарбазона с ртутью (рис. 1).

Предел обнаружения хлорорганических соединений с помощью ПММ равен 0,02 мг/кг и сравним с пределом обнаружения хлорорганических соединений, указанном в методе сравнения (таблица 1).

Уравнение градуировочной зависимости имеет вид:  $A_{550} = 0,84 - 0,00057 \cdot C_{Cl^-}$  ( $r = 0,955$ ), где  $C_{Cl^-}$  – концентрация хлорид-иона, мг/кг. Диапазон линейности градуировочной зависимости составляет 1,0–1 000 мг/кг. Предел обнаружения, рассчитанный по  $3s$  – критерию, равен 0,2 мг/кг.

### Список литературы

1. ГОСТ Р 52247-2004 Нефть. Методы определения хлорорганических соединений от 9.03.2004.
2. N.A. Gavrilenko, T.N. Volgina, E.V. Urazov, M.A. Gavrilenko // J. Petrol. Sci. Eng., 2019.– V.172.– P.960–963.