

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

УДК 665.66:678.021.13(476.2)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИК-СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Бочкарев Д.И., Петрусевич В.В., (УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, Беларусь), Валенков А.М. (ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель, Беларусь)

*Представлены результаты исследования методом инфракрасной спектроскопии отходов производства ОАО «Мозырский НПЗ», содержащих производные каучука и компоненты тяжелой фракции переработки нефти. Комплексное изучение качественного состава отходов позволило обосновать возможность их применения для повышения эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.*

Ключевые слова: эксплуатационные характеристики покрытия, инфракрасная спектроскопия, полидиметилсилоксановый каучук, композиция, профилактическая обработка покрытия.

**Введение**

Одним из путей повышения безопасности дорожного движения является улучшение эксплуатационных характеристик асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. В частности, необходимо замедлять процессы трещинообразования асфальтобетона при эксплуатации в зимний период, что позволит увеличить его долговечность. Реализация данного решения возможна посредством модифицирования асфальтобетонных смесей применяемых при строительстве новых транспортных объектов [1-4].

Обработка существующих дорожных покрытий модификаторами, обеспечивающими снижение водопоглощения материала, применима для любых эксплуатируемых покрытий, что значительно расширяет область применения данной технологии, а возможность увеличения при этом коэффициента сцепления колес транспортных средств с дорожным полотном будет способствовать повышению безопасности движения. В результате становится актуальной разработка импортозамещающих модифицирующих составов на отечественной компонентной базе, при этом основу таких составов могут составить отходы нефтехимических производств.

В настоящее время ОАО «Мозырский НПЗ» осуществляет производство нефтепродуктов методом каталитического крекинга, что обеспечивает глубину переработки нефти порядка 75%. При этом образуются тяжелые нефтяные фракции, которые до внедрения технологии гидрокрекинга, обеспечивающей глубину переработки до 89%, считаются отходами производства. Одним из направлений по увеличению эффективности переработки тяжелых нефтяных фракций является поиск новых областей применения данных материалов, который базируется на их идентификации.

Для решения задачи по анализу композиций, предлагаемых для обработки покрытий автодорог, одним из широко распространенных методов исследования структурно-группового состава является ИК-спектроскопия. Универсальность этого метода делает его одним из важнейших инструментов изучения структурных особенностей

вещества. Каждый спектр какого-либо соединения строго индивидуален, что позволяет установить структуру, качественный и количественный состав молекул и достаточно точно интерпретировать тип и характер химических связей, а также наличие тех или иных функциональных групп в исследуемом материале.

Таким образом, целью настоящей работы является изучение возможности использования отходов нефтехимического производства ОАО «Мозырский НПЗ» для получения гидрофобизирующих составов для обработки автодорожных покрытий.

### Методика исследований

В качестве исследуемых образцов использовали отходы производства ОАО «Мозырский НПЗ» (рисунок 1).

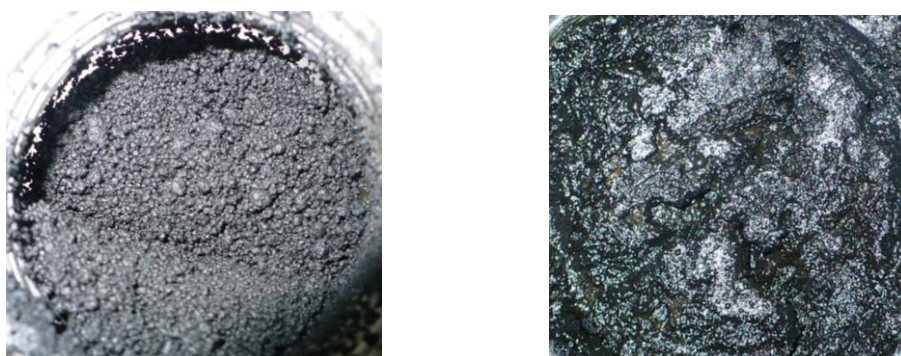


Рисунок 1. – Внешний вид отходов производства ОАО «Мозырский НПЗ»

Микроструктуру исследуемых образцов (рисунок 2) изучали при помощи оптического микроскопа Olympus TH4-200.

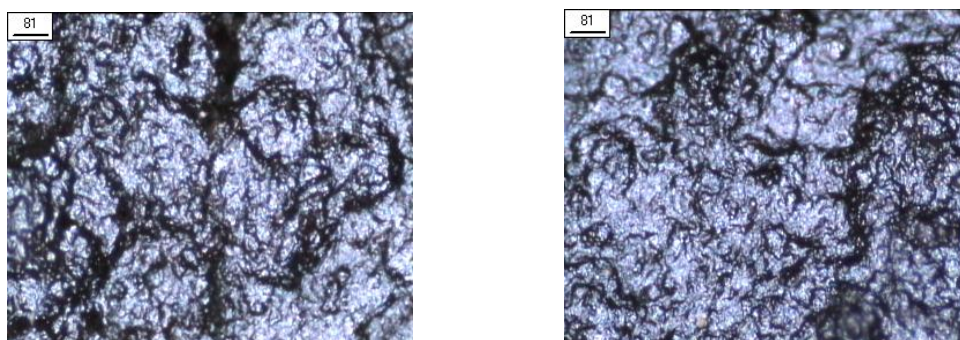
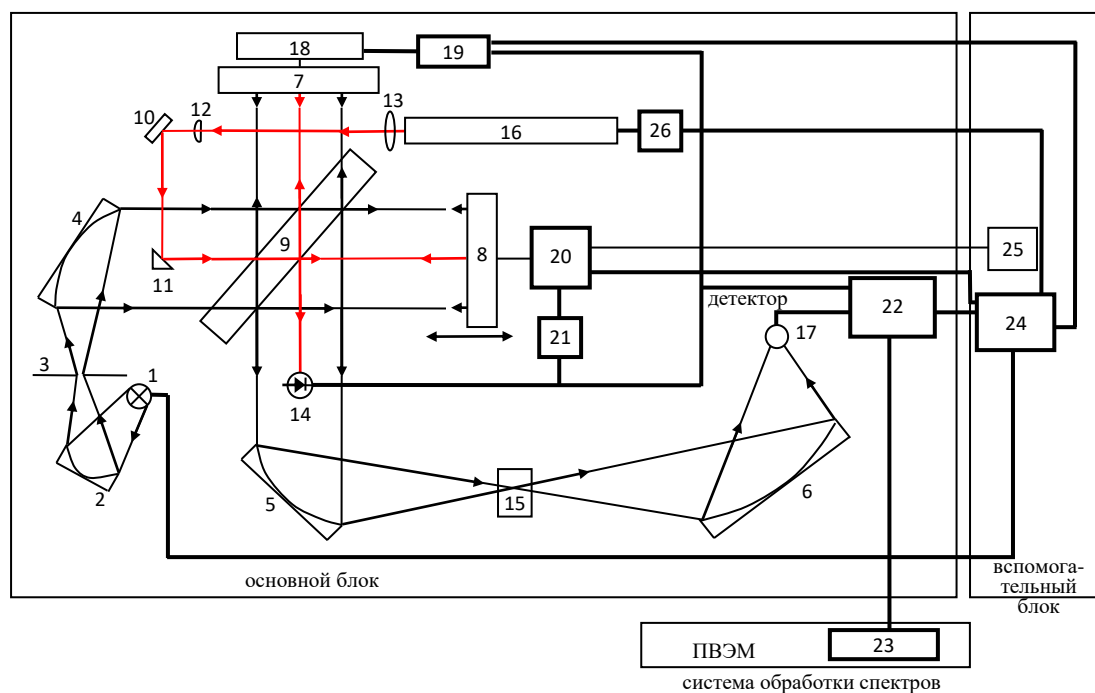


Рисунок 2. – Микроструктура образцов отходов ОАО «Мозырский НПЗ»

Исследование образцов, производили на ИК-спектрофотометре с Фурье-преобразованием «ИКАР». Основными узлами оптической системы данного прибора являются источник ИК-излучения, интерферометр, лазерный тракт, кюветное отделение, ИК-детектор (рисунок 3).

В ходе классического спектроскопического эксперимента входящее в призмный или решеточный монохроматор полихроматическое излучение (белый свет) разделяется на бесконечное число монохроматических пучков. Спектр получается путем пространственного разделения выходящих из призмы пучков с различными длинами волн. Дифракционная решетка работает подобным же образом за исключением того,

что число пучков равно числу штрихов решетки, и для каждой длины волны на выходе получается больше одного максимума. Различные порядки спектра, которые перекрываются, необходимо разделять. Разрешение, достигаемое в спектрометре, определяется шириной щели, задающей полосу длин волн, которая попадает на фотоприемник, и порядком спектра [5].



1 – источник ИК-излучения; 2 – поворотное сферическое зеркало; 3 – диафрагма;  
 4, 5 – параболические зеркала; 6 – эллиптическое зеркало; 7 – неподвижное зеркало  
 интерферометра; 8 – подвижное зеркало интерферометра; 9 – светоделитель и компенсатор;  
 10, 11 – зеркала; 12, 13 – линзы; 14 – приемник лазерного излучения; 15 – проба;  
 16 – гелий-неоновый лазер; 17 – приемник ИК-излучения; 18 – узел автоюстировки  
 неподвижного зеркала; 19 – система управления автоюстировкой; 20 – узел движения  
 подвижного зеркала; 21 – система управления движением подвижного зеркала;  
 22 – аналого-цифровой преобразователь; 23 – интерфейсная плата;  
 24 – источник питания; 25 – компрессор; 26 – источник питания лазера  
 Рисунок 3. – Функциональная схема ИК-спектрофотометра  
 с Фурье-преобразованием «ИКАР»

Образцы готовили методом жидкой пленки, который наиболее эффективен для получения качественных обзорных спектров нелетучих, нереакционноспособных и нерастворимых жидкостей [6].

Для этого исследуемые отходы предварительно растворяли в органических растворителях, после чего высушивали в вакуумном эксикаторе до полного удаления растворителя.

### Результаты исследований

Поскольку одним из направлений использования исследуемых отходов предполагается создание на их основе композиций для профилактической обработки автомобильных дорог, в качестве контрольного образца для сравнения качественного состава был выбран дорожный клей, применяемый для увеличения коэффициента сцепления

автомобильных колес с дорожным покрытием при проведении соревнований по дрег-рейсингу. ИК-спектр образца клея представлен на рисунке 4.

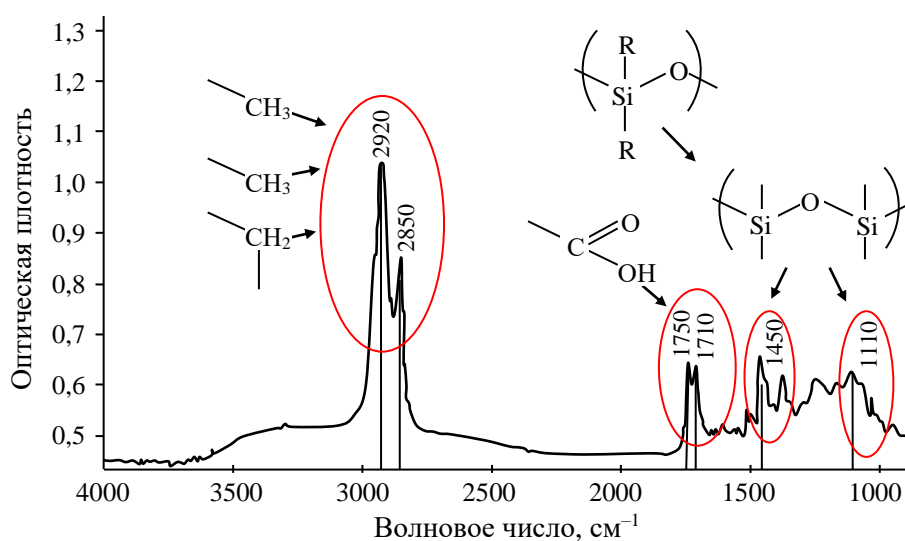


Рисунок 4. – ИК-спектр контрольного образца

Для расшифровки области исследуемого ИК-спектра он разбивался в диапазоне от  $4000\text{ см}^{-1}$  до  $1000\text{ см}^{-1}$  на 3 участка, в каждом из которых производился анализ характеристических пиков. Среди имеющихся в спектральной кривой пиков выделяли наиболее интенсивные и информационные.

Анализ полученного ИК-спектра контрольного образца показывает, что на участке от  $4000\text{ см}^{-1}$  до  $2500\text{ см}^{-1}$  находятся два сильных пика:  $2920\text{ см}^{-1}$  и  $2850\text{ см}^{-1}$ . Они несут отражение двух типов связей между атомом водорода и углерода в виде валентных колебаний атомов углерода, находящегося в  $sp^3$ -гибридном состоянии. На участке от  $2500\text{ см}^{-1}$  до  $2000\text{ см}^{-1}$  отмечено отсутствие информативности. Участок менее  $1500\text{ см}^{-1}$  «отпечатков пальцев» содержит наибольшее количество пиков, различающихся по интенсивности и информативности. Связи между атомами водорода, углерода и кислорода отражаются пиками средней интенсивности при частоте  $1750$  и  $1710\text{ см}^{-1}$  в виде деформационных колебаний карбоксильных групп. При этом связи между атомами кремния и кислорода в виде деформационных колебаний на данном участке отражаются в виде пиков средней интенсивности при частоте  $1110\text{ см}^{-1}$ .

Таким образом, можно предположить, что основой композиции образца дорожного клея является полидиметилсилоксановый каучук, элементарное звено которого приведено на рисунке 5.

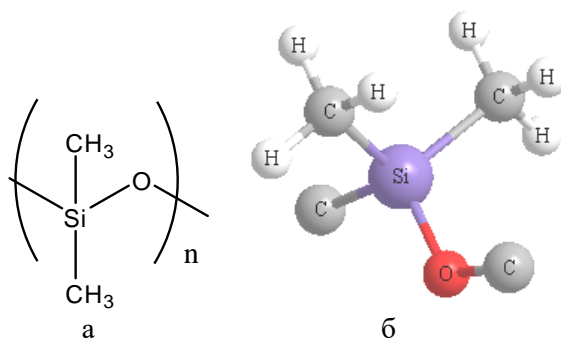
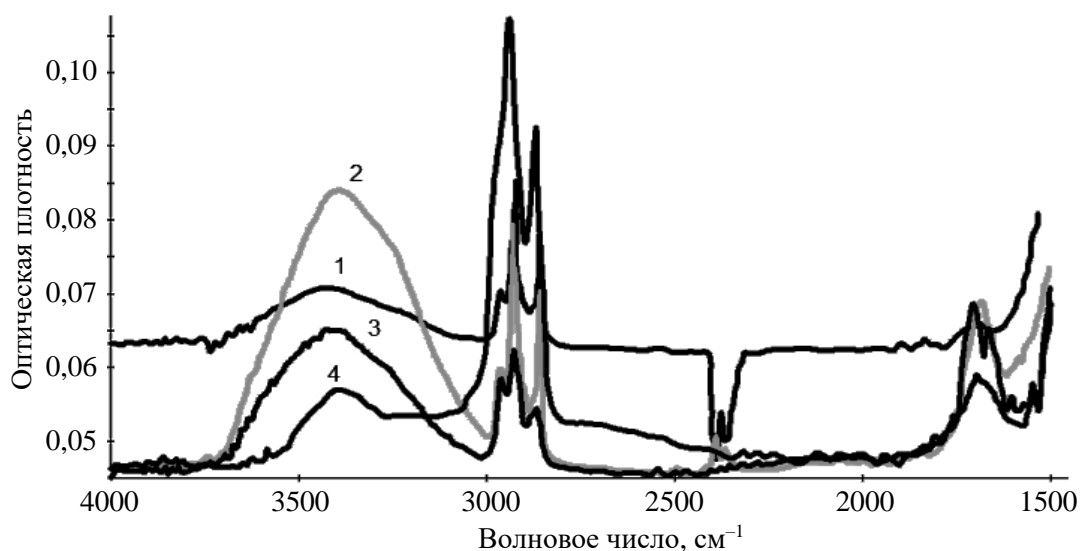


Рисунок 5. – Полуструктурная формула (а) и шаровая модель Стюарта-Бриггса (б) элементарного звена полидиметилсилоксанового каучука

ИК-спектры образцов отходов производства ОАО «Мозырский НПЗ» и контрольного образца представлены на рисунке 6.

При сравнении данных ИК-спектров с контрольным образцом по ключевым пикам на участке  $4000\text{ см}^{-1}$ ... $2500\text{ см}^{-1}$  установлено наличие характе-

ристических функциональных групп, входящих в состав элементарного звена дорожного клея. Данное совпадение позволяет сделать предположение, что в составе отходов ОАО «Мозырский НПЗ» также содержатся производные каучука, которые могут быть использованы в составе композиции для профилактической обработки покрытий автомобильных дорог, т.к. композиции на основе полидиметилсилоксановых каучуков обладают высокой стойкостью к атмосферным воздействиям, кислороду, озону, повышенной влажности и солнечной радиации [7, 8].



**Рисунок 6. – ИК-спектры отходов производства ОАО «Мозырский НПЗ» (1-3) и контрольного образца (4)**

В тоже время данные материалы имеют высокую вязкость, поэтому для равномерного и эффективного их распределения по обрабатываемой поверхности автомобильной дороги с использованием существующей техники их вязкость должна снижаться посредством смешения с органическими растворителями [9, 10]. Данное решение позволит также обеспечить повышение проникающей способности состава в обрабатываемый материал дорожного покрытия.

### **Заключение**

Результаты исследований с помощью ИК-спектроскопии отходов ОАО «Мозырский НПЗ», представленные в настоящей работе, позволили определить качественный состав и классовую принадлежность материала. На основании проведенных исследований показана возможность профилактической обработки автодорожных покрытий композиционными составами на основе отходов переработки нефтепродуктов. Определена необходимость снижения характеристической вязкости композиций на основе исследуемых отходов посредством внесения органических растворителей общетехнического назначения. В результате этого обеспечивается повышение проникающей способности модифицирующего состава в поверхностные слои дорожного покрытия, при этом происходит интенсификация процесса заполнения микротрещин и дефектов структуры покрытия, что может способствовать снижению водопоглощения, а также повышению коэффициента сцепления с колесами транспортных средств.

---

**Список использованных источников**

1. **Шаповалов, В.М.** Полимерные модификаторы и технологические аспекты получения на их основе композиционных дорожно-строительных материалов (обзор) / В.М. Шаповалов, Д.И. Бочкарев, Ю.М. Плескачевский // *Материалы. Технологии. Инструменты.* – 2005. – Т. 10, № 3. – С. 52-62.
2. **Шаповалов, В.М.** Влияние полимерных модифицирующих добавок на физико-механические свойства дорожных асфальтобетонов / В.М. Шаповалов, Д.И. Бочкарев, Б.И. Купчинов // *Материалы. Технологии. Инструменты.* – 2006. – Т. 11, № 1. – С. 68-73.
3. Модифицирование битумного вяжущего для композиционных дорожно-строительных материалов / В.М. Шаповалов [и др.] // *Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук.* – 2006. – № 2. – С. 13-16.
4. **Шаповалов, В.М.** Влияние модификаторов на физико-химические процессы в композиционных битумо-минеральных материалах / В.М. Шаповалов, Д.И. Бочкарев, Ю.М. Плескачевский // *Доклады НАНБ.* – 2007. – № 1. – С. 100-103.
5. **Тарасевич, Б.Н.** Основы ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье: учеб. пособие / Б.Н. Тарасевич. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012. – 22 с.
6. **Имашева, Н.М.** Спектральные методы определения строения органических соединений: учеб. пособие / Н.М. Имашева. – Астрахань: Астраханский гос. ун-т, Издательский дом «Астраханский университет», 2013. – 84 с.
7. Битумы нефтяные для верхнего слоя дорожного покрытия: СТБ 1062-97. – Введ. 01.07.1997. – Минск: Минскстройархитектура, 1997. – 28 с.
8. Битумы нефтяные для верхнего слоя дорожного покрытия: СТБ 1220-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Минскстройархитектура, 2010. – 24 с.
9. **Бочкарев, Д.И.** Оценка влияния эксплуатационных характеристик асфальтобетонных покрытий на безопасность дорожного движения / Д.И. Бочкарев, В.В. Петруевич // *Чрезвычайные ситуации: образование и наука.* – 2015. – № 1 (10). – С. 40-45.
10. Содержание и ремонт автомобильных дорог / С.Е. Кравченко [и др.]. – Минск: БНТУ, 2013. – 293 с.

---

**Bochkarev D.I., Petrusevich V.V., Valenkov A.M.**

**Use of IR spectroscopy method for identification of waste of petrochemical production**

*The results of a study by infrared spectroscopy of wastes produced by JSC “Mozyr Oil Refinery” containing rubber derivatives and components of heavy oil refining fraction are presented. A comprehensive study of the qualitative composition of the waste allowed to substantiate the possibility of their application to improve the operational properties of asphalt concrete road surfaces.*

*Keywords: coating performance, infrared spectroscopy, polydimethylsiloxane rubber, composition, preventive treatment of coating.*

Поступила в редакцию 17.04.2017 г.