



## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15493489>

Д.Г. Гадамов<sup>1</sup>, Ж.Х. Нафасов<sup>2</sup>, Э.Т. Тургуналиев<sup>2</sup>, М.У. Рустамов<sup>3</sup>,  
Ш.У. Абдирахимов<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Международный научно-технический парк, Ашхабад, Туркменистан

<sup>2</sup>Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

<sup>3</sup>Экономический и педагогический университет, Карши, Узбекистан

**Аннотация.** В данной статье изучены механизмы структурообразования связующего с модификатором-пластификатором, используемым для улучшения физико-механических свойств композита при получении композиционных материалов на основе серы. В результате анализа межфазных границ компонентов с помощью современного электронного микроскопа FE-SEM установлено, что при улучшении свойств композитного материала с помощью химических модификаторов, в том числе с использованием отходов газохимических комплексов «Пек» в составе композита проявляются аппретирующие свойства.

**Ключевые слова:** Органоминеральный композит, полифункциональный наполнитель, сера, пек, модификатор, пластификатор, морфологический анализ, химический состав.

### 1. Введение

В настоящее время воздействие отходов на окружающую среду, являющееся одной из глобальных проблем в мире, приводит к крайне негативным последствиям, среди которых особо выделяется вредное влияние промышленных отходов. Многие ученые проводили научные исследования по этим проблемам, в частности, С. Баишева занималась разработкой технологии получения серобетона и серных мастик с эффективным использованием промышленных отходов. Согласно ее исследованиям, для получения бетона на основе серы, серу вместе с заполнителями и наполнителями нагревают до температуры 140-150 °С, затем заливают в металлические формы и охлаждают. В качестве наполнителей использовались промышленные отходы [1].

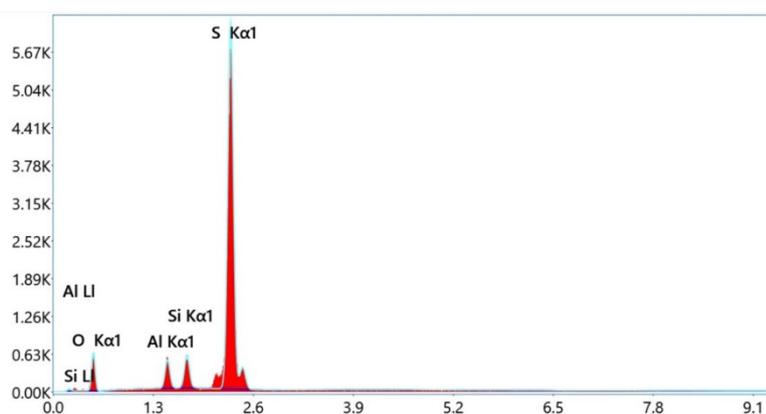
При получении полимерных композиционных материалов на основе серы с целью улучшения механических свойств композита, ПЭК, введенный в состав материала, придает матрице модифицирующие и одновременно пластифицирующие свойства. Это происходит в результате протекания физико-химических процессов в зонах соединения материалов на границе сера-ПЭК [2,3].

## **2. Материалы и методы.**

Сера в настоящее время является отходом газоперерабатывающих предприятий и производств серной кислоты, и на этих предприятиях существует проблема ее утилизации. Однако из-за значительных запасов серы и ежегодного увеличения объемов производства на нефтегазоперерабатывающих предприятиях растет и потребность в ее переработке. Основными крупными производителями серы считаются завод «Мубарекский газоперерабатывающий завод» расположенный на юге Кашкадарьинской области Узбекистана, и «Джаркурганский нефтеперерабатывающий завод» находящийся в Сурхандарьинской области. На сегодняшний день, благодаря вводу в эксплуатацию современного нефтегазоперерабатывающего оборудования на этих предприятиях, общий годовой объем производства серы достиг 280 000 тонн [4-6]. Для наших исследований использовалась сера, считающаяся

вторичным сырьем, произведенным на заводе «Мубарекский газоперерабатывающий завод».

Анализ образцов вторичной серы, произведенной на заводе «Мубарекский газоперерабатывающий завод» полученный с помощью электронного спектрометра FE-SEM, показал наличие в составе образца спектральных пиков  $AlLi$ ,  $O\text{K}\alpha_1$ ,  $Si\text{K}\alpha_1$ ,  $Al\text{K}\alpha_1$ ,  $S\text{K}\alpha_1$  (рис. 2).



**2-Rasm. Oltimgurtning spektral analizi**

Как видно из результатов спектрального анализа, содержание  $S\text{K}\alpha_1$  при спектральном анализе вторичной серы составило 65,9%. Это составляет основную часть общей массовой доли образца. Наличие небольшого количества пиков  $AlLi$  в спектре указывает на присутствие алюминия и лития в образце, которые являются как катализаторами процесса переработки, так и составными элементами подземных руд. Присутствие  $O\text{K}\alpha_1$  в образце объясняется наличием оксидов металлов в сырье и тем, что процесс переработки протекал под высоким давлением. Можно предположить, что пики  $Si\text{K}\alpha_1$  и  $Al\text{K}\alpha_1$  в структуре обусловлены наличием этих элементов в составе подземных руд. С целью обеспечения высоких механических свойств композитных материалов на основе серы, в состав композита вводится ПЭК, производства Uz-Kor Gas Chemical (Устюртский ГХК), выполняющий функции как модификатора, так и пластификатора, и являющийся отходом, образующимся в процессе пиролиза газа. Спектральный анализ пека показал, что он содержит 66,5% углерода, 22,1% оксидов различных металлов, 1,9% алюминия и 9,5% серы. Содержание углерода в составе ПЭК в количестве 66,5% при его использовании в качестве наполнителя в составе композитного материала улучшает механические

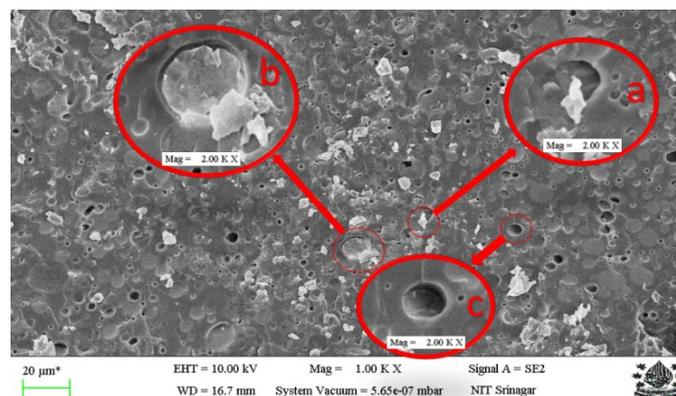
свойства материала за счет образования водородных связей с оксидами, повышая твердость композита.

Для высокоточного анализа морфологии поверхности образцов, получения информации о составе и контрастности на основе различий атомных номеров элементов, а также определения элементного состава образцов использовался сканирующий электронный микроскоп с полевой эмиссией (FE-SEM). Сканирующий электронный микроскоп FE-SEM способен отображать атомы образца в идеальных условиях с точностью до 1-2 нанометров, увеличивая структуру поверхности от 10 до 1 000 000 крат. Основным преимуществом FE-SEM является его способность проводить спектральный анализ при ускоряющих напряжениях обычно от 1 кВ до 30 кВ, в зависимости от требований к образцу и визуализации.

Активные дисперсные частицы, введенные в состав материала в качестве наполнителя, улучшают структурные связи в гетеросистеме, образуя вторичные ван-дер-ваальсовы и водородные связи в процессе механической активации. Для нагрева и смешивания механически активированного наполнителя с серой при температуре 140 - 160°C использовалась смесительная установка марки «IN-test» МЛА-20. Смесь в текучем состоянии перемешивали в смесителе МЛА-20 при температуре 160°C в течение 15 минут, затем заливали в формы размером 40x40x40 мм и сушили на воздухе в течение 24 часов. Полученные образцы подвергли лабораторным анализам.

### **3. Результаты и обсуждения.**

Для обеспечения прочного сцепления вяжущего материала с поверхностной структурой инертных наполнителей, добавление пека, выполняющего функцию модификатора-пластификатора в состав вяжущего, обеспечивает прочность композита. Морфологическая структура состава представлена на рисунке 1 (исследования проводились в лаборатории «Трибология материалов» в сотрудничестве с Национальным институтом технологий Шринагара, Индия).



**Рисунок 1. Структурная морфология смеси ПЭК-С.**

Как видно из рисунка, твердость материала в определенной степени увеличивается благодаря тому, что нерастворившиеся при температуре 140°C частицы твердых сплавов, содержащихся в сере, выполняют функцию наполнителя в составе композита (рис. 1, а). Однако эта твердость зависит от характера и типа нерастворенной частицы, и в большинстве случаев эти частицы могут представлять собой оксиды металлов в составе серы. На рисунке 1,б, представленном с увеличением в 2000 раз, видно, что в результате механической активации происходит разложение оксидов металлов, и их пластинчатые части образуют в структуре наполнителя, слабо связанные со связующим. На рис. 1, с показаны пузырьки воздуха, образовавшиеся из-за неполного соблюдения технологии приготовления образца композита.

#### **4. Заключение**

Использование в составе композитного материала компонентов, одновременно обладающих модифицирующими и пластифицирующими свойствами в качестве наполнителя, придает материалу высокие механические характеристики. Кроме того, с помощью спектрального анализа образца установлено, что активация компонентов наполнителя способствует их равномерному распределению в структуре. В результате спектрального анализа образцов выявлено, что строгое соблюдение технологической последовательности при их приготовлении улучшает механические свойства композиции.

#### 4. Список использованной литературы

1. Базарбаева, С. М. (2008). Использование промышленных отходов при производстве серного бетона. *Вестник Башкирского университета*, 13(3),
2. Кузьменков, М. И. Получение серного бетона и изучение его свойств / М. И. Кузьменков, Т. В. Булай // Проблемы современного бетона и железобетона. - Минск, 2017. - Вып. 9. - С. 316-324.
3. Маматмуминов, А. Т. Наличие запасов серы в Узбекистане/ А. Т. Маматмуминов, М. Б. Тухтаев, Ж. А. Исаев. - Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2023. - № 22 (469). - С. 47-49.
4. Разработка состава и исследование свойств гидрофобно – хемостойкого органоинерального композитного материала на основе промышленного отхода отчет о НИОКР / ТГТУ; рук.: У.А. Зиямухамедова. 2024.
5. Ziyamukhamedova, U., Djumabaev, D., & Shaymardanov, B. (2013). Mechanochemical modification method used in the development of new composite materials based on epoxy binder and natural minerals. *Turkish journal of Chemistry*, 37(1), 51-56.
6. Ziyamukhamedova, U., Evlen, H., Nafasov, J., Jalolova, Z., Turgunaliyev, E., & Rakhmatov, E. (2023). Modeling of the process of mechano activation of filler particles in polymer composites. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 401, p. 05027). EDP Sciences.