

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

**Композиционные материалы**

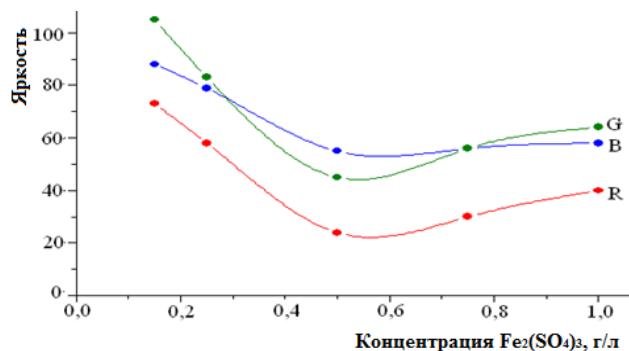


Рис. 2. Зависимость R-, G-, B- составляющих окраски ткани на основе белкового волокна, содержащей металлокомплексы железа, от концентрации  $Fe_2(SO_4)_3$  в растворе

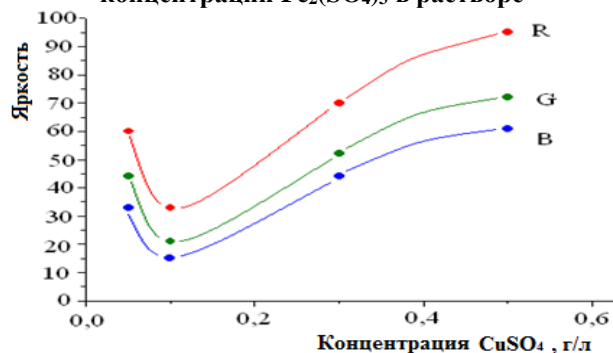


Рис. 3. Зависимость R-, G-, B- составляющих окраски ткани на основе белкового волокна, содержащей металлокомплексы меди, от концентрации  $CuSO_4$  в растворе

Исследовано влияние концентрации солей поливалентных металлов на образование оптимального количества металлокомплексов в структуре хлопкового волокна. Проведенными исследованиями установлено, что зависимость количества металлокомплексов, образующихся

в структуре хлопкового волокна, от концентрации солей поливалентных металлов носит экстремальный характер (рис. 2, 3).

При повышении концентрации катионов поливалентных металлов в обрабатываемой ванне, до определенной для каждого вида катиона концентрации, количество металлокомплексов в структуре белкового волокна возрастает, что связано с концентрационным фактором. Далее количество образующихся металлокомплексов в структуре волокна уменьшается, что, по-видимому, связано с ускорением реакции образования металлокомплексов в обрабатываемой ванне.

Оптимальными являются следующие концентрации: сульфат железа - 0,5 г/л, хлорид никеля - 0,5 г/л, хлорид кобальта - 0,25 г/л, сульфат меди - 0,1 г/л. Такой разброс оптимальной концентрации катионов поливалентных металлов, по-видимому, связан с координационным числом образующихся комплексов и свойствами катионов металлов, такими как свойство ионов меди к кооперативному связыванию с макромолекулами полимера.

**Заключение.** Таким образом, исследованы физико-химические свойства красящих композиций в различных соотношениях солей поливалентных металлов, способствующее образованию максимального количества металлокомплексов в структуре белкового волокна, который зависит от природы катиона поливалентного металла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андросов В.Р. Синтетические красители в легкой промышленности /В.Р. Андросов, И.Н. Петрова. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
2. Ганиева Д.Ф., Маматкулова М.Б., Давлатов Р.М. Исследование физико-химических свойств модифицированных фибриллярных шерстяных волокон /Universium, технический науки, 2022, №1 (94), -С.20-26.
3. К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, М.Н. Негматова, Ш.Н. Расулова, И.А. Набиева, С.С. Негматов, М.А. Бабаджанова, Ф.А. Лапасова. Исследование механизма процесса крашения белковых волокон красящими композиционными материалами на основе солей поливалентных металлов // Композиционные материалы, 2022, №1. С.48-52.

УДК 544.723:620.22:543.422.4

### ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ СОРБЕНТОВ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Нурназарова Гулхайё Уктамовна, Тухтаев Феруз Садуллоевич, Негматова Комила Сойибжановна, Эшпулатова Нозима Шариф кизи, Рахматуллаева Севинч Отабек кизи

Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, Ташкентский государственный технический университет, ГУ «Фан ва таракийёт», Навоийский государственный университет

**Аннотация.** В данной работе исследованы молекулярные и структурные характеристики композиционных сорбентов, полученных на основе лигноцеллюлозного сырья, методом инфракрасной спектроскопии. Основное внимание уделено анализу влияния различных химических активаторов ( $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ ,  $KOH$ ) на формирование функциональных групп и поверхностной структуры сорбентов. Установлено, что природа и состав поверхностных функциональных групп, таких как  $-OH$ ,  $C=O$ ,  $C-O$ ,  $C=C$ ,  $P=O$  и  $P-O$ , существенно влияют на сорбционные свойства материалов, включая ионообменную способность, гидрофильность и селективность. Результаты FTIR-анализа показали, что при активации

$\text{H}_3\text{PO}_4$  на поверхности формируются фосфорсодержащие группы, способствующие увеличению кислотности и ионообменных центров. Полученные результаты подтверждают, что выбор активирующего агента оказывает существенное влияние на химическую природу и структуру сорбентов, что, в свою очередь, определяет их эффективность в процессах адсорбции.

**Ключевые слова:** композиция, сорбент, ИК-спектроскопия, лигноцеллюлоза, химическая активация, сорбция, ионообмен, структура, углерод,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

**Введение.** В настоящее время композиционные сорбенты широко применяются в задачах охраны окружающей среды, очистки промышленных выбросов, а также удаления загрязняющих веществ из водных и газовых сред. Особый интерес представляют сорбенты, полученные на основе лигноцеллюлозного сырья, благодаря их доступности, возобновляемости и экологической безопасности. Эффективность таких материалов определяется не только их пористой структурой, но и химической природой поверхности, а именно составом и типом функциональных групп.

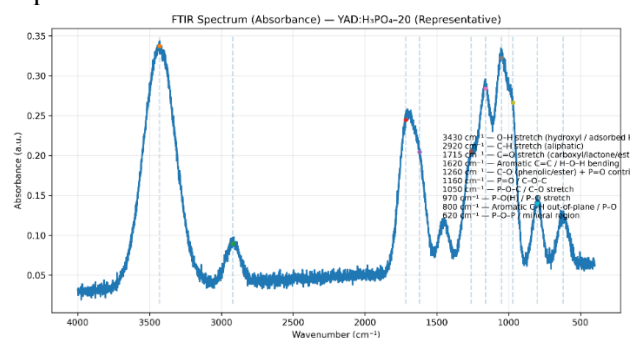
Химическая активация является одним из ключевых этапов формирования структуры и свойств композиционных сорбентов. Под воздействием различных активирующих агентов - таких как  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{KOH}$  - на поверхности сорбента формируются кислородсодержащие, фосфорсодержащие и другие функциональные группы, определяющие его ионообменную способность, гидрофильность или гидрофобность, а также селективность по отношению к различным веществам. В связи с этим детальное изучение химической структуры поверхности сорбентов имеет важное значение для повышения их эффективности в практическом применении.

**Материалы и методики.** В качестве исходного сырья для получения композиционных сорбентов использовались лигноцеллюлозные материалы, в частности шелуха арахиса и древесные опилки. В качестве химических активирующих агентов применялись  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{KOH}$ , позволяющие формировать различные типы пористой структуры и функциональных групп на поверхности сорбентов.

Процесс получения сорбентов включал предварительную подготовку сырья, его пропитку активирующими растворами с заданной концентрацией, последующую сушку и термическую обработку. Карбонизация проводилась в инертной среде при температуре порядка  $700\text{ }^\circ\text{C}$ , что способствовало формированию углеродной матрицы и развитию микро-мезопористой структуры. После термообработки образцы подвергались промывке до нейтрального значения pH и окончательной сушке.

Структурные и молекулярные характеристики полученных сорбентов исследовались методом инфракрасной спектроскопии. Спектры регистрировались в диапазоне  $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ , что позволило идентифицировать основные функциональные группы, такие как  $-\text{OH}$ ,  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{C}-\text{O}$ ,  $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{P}=\text{O}$  и  $\text{P}-\text{O}$ . Анализ спектров включал определение положения полос поглощения, их интенсивности и изменений в зависимости от типа активирующего агента. Полученные данные использовались для оценки химической природы поверхности сорбентов и установления взаимосвязи между условиями активации и их сорбционными свойствами.

**Результаты и обсуждение.** В образцах активированных  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , ожидается формирование фосфорсодержащих функциональных групп ( $\text{P}=\text{O}$ ,  $\text{P}-\text{O}-\text{C}$ ,  $\text{P}-\text{OH}$ ), что способствует увеличению кислотности поверхности и числа ионообменных центров. В сорбентах, активированных  $\text{ZnCl}_2$ , преобладает конденсированный ароматический углеродный скелет с присутствием функциональных групп типа  $\text{C}-\text{O}$  и  $\text{C}=\text{O}$ , что связано с формированием микро-мезопористой структуры. Анализ FTIR-спектров является важным этапом в определении химической природы композиционных сорбентов, выяснении механизма их активации и идентификации функциональных групп, участвующих в сорбционных процессах. Полученные результаты позволяют научно обосновать эффективность практического применения сорбентов.



**Рис. 1. ИК-спектра сорбента YAD: $\text{H}_3\text{PO}_4$ -20**

Как видно из рисунка, FTIR-спектр композиционного углеродного сорбента, полученного путём химической активации  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и карбонизации при  $700\text{ }^\circ\text{C}$  в инертной

среде, демонстрирует наличие комплекса кислородсодержащих и фосфорсодержащих функциональных групп. Широкая полоса около  $\sim 3430 \text{ см}^{-1}$  соответствует гидроксильным группам (O–H) и указывает на наличие водородных связей и полярных центров на поверхности. Полоса при  $\sim 2920 \text{ см}^{-1}$  обусловлена валентными колебаниями алифатических C–H связей, что свидетельствует о сохранении частично неароматизированных фрагментов. Пики при  $\sim 1715 \text{ см}^{-1}$  соответствуют карбонильным группам (C=O), а при  $\sim 1620 \text{ см}^{-1}$  — ароматическим связям C=C и колебаниям адсорбированной воды. Полоса около  $\sim 1320 \text{ см}^{-1}$  отражает вклад C–O и фосфатных групп.

Дополнительные полосы в областях  $\sim 1160$  и  $\sim 1050 \text{ см}^{-1}$  относятся к колебаниям P=O, P–O и C–O связей, что подтверждает внедрение фосфорсодержащих групп в структуру сорбента. Пик при  $\sim 970 \text{ см}^{-1}$  соответствует группам P–OH (или P–O), участвующим в ионообменных процессах. Полосы около  $\sim 800$  и  $\sim 630 \text{ см}^{-1}$  связаны с ароматическими C–H и низкочастотными колебаниями фосфатной сети (P–O–P, P–O). В целом, наличие кислородных и фосфорных функциональных групп указывает на повышенную кислотность поверхности и высокую ионообменную способность, что способствует эффективному взаимодействию с ионами  $\text{NH}_4^+$ .

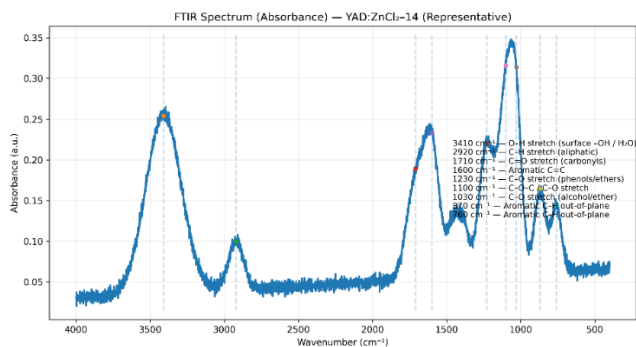


Рис.2. ИК-спектр сорбента YAD:ZnCl<sub>2</sub>-14

Анализ ИК-спектра показывает, что при активации  $\text{ZnCl}_2$  формируется конденсированный ароматический углеродный каркас с сохранением кислородсодержащих функциональных групп. Процессы дегидратации и конденсации, протекающие в лигноцеллюлозной матрице, способствуют формированию ароматизированной структуры и развитию микро-мезопористости, что благоприятно для адсорбции органических веществ, в частности нефтепродуктов.

Полоса при  $\sim 3410 \text{ см}^{-1}$  соответствует O–H группам,  $\sim 2920 \text{ см}^{-1}$  — алифатическим C–H связям,  $\sim 1710 \text{ см}^{-1}$  — карбонильным группам, а  $\sim 1600 \text{ см}^{-1}$  — ароматическим C=C связям.

Полосы в диапазоне  $\sim 1210\text{--}1030 \text{ см}^{-1}$  относятся к колебаниям C–O и C–O–C связей, а пик около  $\sim 830 \text{ см}^{-1}$  — к ароматическим C–H. В совокупности данные результаты подтверждают формирование устойчивой ароматической структуры с развитой пористостью.

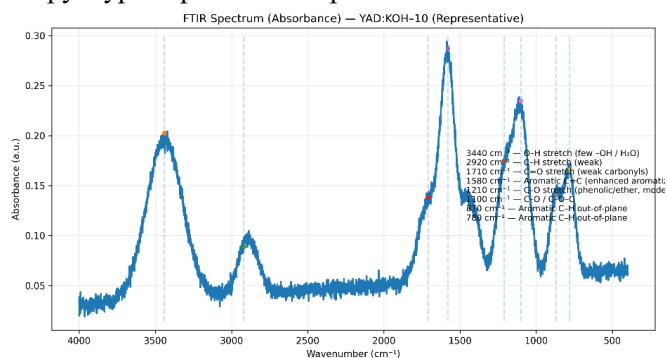


Рис.3. ИК-спектр сорбента YAD:KOH-10

ИК-спектр сорбента, активированного KOH, свидетельствует о преобладании конденсированного ароматического углеродного скелета при наличии ограниченного количества кислородсодержащих функциональных групп. Активация KOH усиливает процессы газификации и ароматизации, что приводит к формированию развитой микропористой структуры и увеличению удельной поверхности.

Полоса при  $\sim 3440 \text{ см}^{-1}$  соответствует O–H группам, при  $\sim 2920 \text{ см}^{-1}$  — алифатическим C–H связям, однако её низкая интенсивность указывает на уменьшение доли алифатических фрагментов. Слабая полоса при  $\sim 1715 \text{ см}^{-1}$  соответствует карбонильным группам, тогда как интенсивный пик при  $\sim 1580 \text{ см}^{-1}$  свидетельствует о развитии ароматической структуры (C=C). Полосы в диапазоне  $\sim 1210\text{--}1030 \text{ см}^{-1}$  относятся к C–O и C–O–C связям, а пик при  $\sim 780 \text{ см}^{-1}$  — к ароматическим C–H.

Таким образом, анализ ИК-спектров показал, что тип активирующего агента существенно влияет на химическую структуру и функциональные свойства сорбентов. Формирование ароматического каркаса, наличие или отсутствие кислородных и фосфорных групп, а также степень гидрофобности поверхности определяют эффективность сорбции различных загрязнителей.

**Заключение.** В результате проведённого исследования установлено, что метод ИК-спектроскопии (FTIR) позволяет эффективно выявлять молекулярные и структурные особенности композиционных сорбентов, полученных на основе лигноцеллюлозного сырья. Анализ спектров подтвердил наличие различных функциональных групп (–OH, C=O,

<b>Касимова М.Н., Негматова К.С.</b> Опыт-производственные испытания созданных композиционных материалов при крашении текстильных хлопчатобумажных материалов в производственных условиях ...	107
<b>Жуманов Ю.К., Эминов А.М., Кадирова З.Р., Эминов А.А.</b> Перспективы применения отработанного катализатора НИАП-1205 в составе керамического пигмента .....	110
<b>Азимова М.Х., Асамадинова У.Б., Элмурадов Аббосжон Х., Юлдашов Д.Я.</b> Роль и значение алюмосиликатных и органо-минеральных наполнителей в составе эластомерных композиций .....	115
<b>Кодиров О.Ш., Катгаев Н.Т., Нурманов С.Э., Бахридинова Л.А.</b> Синтез, структурные и физико-химические свойства цеолитов CaA5 и NaX на основе местного сырья для очистки природного газа .....	117
<b>Джумакулов Т., Жумаев М.Н., Максудходжаева М.С.</b> Переработка отработанных техногенных моторных масел .....	121
<b>Тошпулатова Г.Р., Сайдуллаева К.А., Негматова М.И.</b> Окисление молибденита (MoS <sub>2</sub> ) азотной кислотой в присутствии серной кислоты .....	123
<b>Ramazanov S.O., Arifova M.X.</b> Yangi xomashyolar asosida klinker va portlandsement tarkiblarini tanlash .....	126
<b>Ходжаева Д.Н., Рузиева Б.Ю., Негматов С.С., Абед Н.С.</b> Исследование и определение огнестойких свойств композиционных древесно-пластиковых и древесноволокнистых плитных материалов с использованием минеральных антипиренов .....	130
<b>Ortiqov Sh.Sh., Sharipov M.S., Radjabov O.I.</b> Tabiiy tarkibli kompozitsion yog'och yelimlarning fizik-kimyoviy va texnologik xossalari .....	133
<b>Хомитова Г.З., Амонова М.М.</b> Сапропелни механик фаоллаштиришнинг сорбцион хусусиятларига таъсири ва уни оқова сувларни тозалашдаги ўрни .....	136
<b>Buryanov A., Lukyanova N., Talipov N.</b> Effective filling mixtures based on synthetic anhydrite .....	138
<b>Раззоков Х.Қ., Амонов М.Р., Тўхтаев С.А.</b> Сапропель асосидаги сорбентлар билан металлургия саноат оқова сувларини тозалаш .....	141

##### 5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов

<b>Исмаилова Н.А., Сидиков А.С.</b> Использование органических соединений в качестве добавок к эмали ЭП-750 для защиты металлических конструкций, сооружений и оборудования бурильных установок .....	145
<b>Sadullayeva G.B., Ibragimova M.R., Xudoyberdiyeva D.A., Pirimova M.A., Jo'rayev A.Sh.</b> Mis atsetating izonikotinamid bilan yangi koordinatsion birikmasining sintezi va fizik-kimyoviy tahlili .....	147
<b>Norqobilov A.E., Adilov R.I., Ayxodjayev B.B., Yo'ldoshev S.B.</b> Kulrang past molekulari polietilen ranglanishining infraqizil spektroskopiya asosida tahlili va bentonit adsorbsiyasining roli .....	150
<b>Ochilov Sh.E., Yusufov M.S., Bobonazarova S.H., Bo'riyeva D.M., Abdushukurov A.K., Matchanov A.D.</b> 2-xlor-N-(3-xlor fenil)atsetamidning 5-ftoruratsil bilan reaksiyasini olib borish va olingan mahsulotning biologikfaolligini saraton hujayralarida o'rganish .....	153
<b>Норхуджаев Ф.Р., Мухамедов А.А., Маматкулов Р.Ш.</b> Использование ковочного тепла для термической обработки доэвтектонидных сталей .....	157
<b>Ахмадалиев Ш.Ш.</b> Толали композитлардан ташкил топган элементларни пресслаш .....	160
<b>Очилов Э.А., Хамдамова Ч.Х., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Камолов Т.О.</b> Комплексный анализ элементного и фазового состава неорганических компонентов энергетических углей и золошлаковых отходов теплоэнергетики .....	161
<b>Po'latova M.N., Xushvaqto'v S.Y., Bekchanov D.J., Muxamediev M.G.</b> Amino va karboksil guruh tutgan ion almashinuvchi material sintezi .....	164
<b>Касимова М.Н., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Бабаджанова М.А., Лапасова Ф.А.</b> Исследование свойств красящих композиций на основе солей поливалентных металлов, применяемых в процессе крашения шерстяных волокон .....	168
<b>Нурназарова Г.У., Тухтаев Ф.С., Негматова К.С., Эшпулатова Н.Ш., Рахматуллаева С.О.</b> Исследование молекулярных и структурных характеристик композиционных сорбентов методом ИК-спектроскопии .....	169