

экструзии. В сочетании с повышенной эксплуатационной стойкостью это позволяет создавать полимерные композиты с увеличенным сроком службы для применения в агрессивных средах: под постоянным воздействием солнечного света и высоких температур. Шунгит является высокоэффективным и перспективным наполнителем для полимерных материалов, комплексно повышающим их термо- и светостабильность. Это позволяет создавать более долговечные и надежные полимерные композиты для применения в условиях повышенных температур и интенсивного УФ-излучения. По результатам проведенного литературного обзора пришли к выводу, что недостаточно представлено информации о влиянии наполнения шунгитом полимерных композиций на основе полиамида. В связи с этим перспективным направлением является получение и изучение свойств композиционного материала на основе полиамида с шунгитом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мосин О. В., Игнатов И. И. Состав и структурные свойства природного фуллеренсодержащего минерала шунгита // Техносферная безопасность. – 2013. – № 2. – С. 29–33.
2. Влияние шунгита на эксплуатационные свойства полимерного композиционного материала / Ключникова Н.В., Пискарева А.О., Урванов К.А., Гордеев С.А., Генов И. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2020. – № 2. – С. 96–105.
3. Кузьмина Н. Н. Проблемные вопросы придания текстильным материалам специальных защитных свойств / Сырбу С. А., Циркина О. Г., Салихова А. Х., Спиридонова В. Г., Фролова Т. В., Кузьмина Н. Н. // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 2. – С. 133–140.

УДК 677.494.7

**Пчелова Н.В., Щербина Л.А., Будкуте И.А.**

(Белорусский государственный университет  
пищевых и химических технологий)

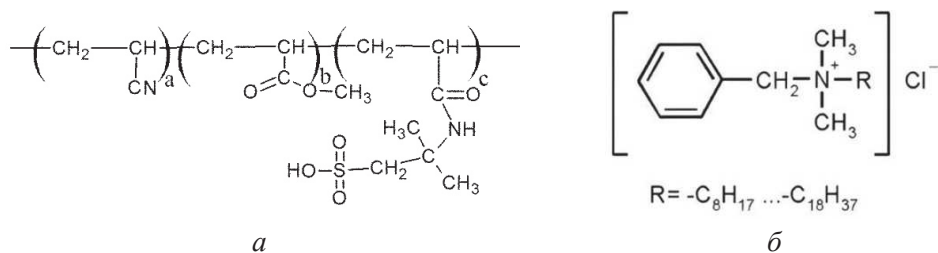
#### **МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРОВ С ИОНОГЕННЫМИ ГРУППИРОВКАМИ**

Важной частью промышленности Республики Беларусь, во многом определяющей научно-технический уровень ее отраслей, является производство химических волокон, существенное значение среди которых

занимают волокна на основе сополимеров акрилонитрила (полиакрилонитрильные (ПАН) волокна), производимые на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк). Для различных отраслей промышленного и сельскохозяйственного производства, санитарно-гигиенических целей возрастает потребность в волокнистых материалах со специальными свойствами, в том числе бактерицидными.

В настоящее время накоплена обширная научно-техническая информация о физико-химических и технологических аспектах придания химическим волокнам специфических потребительских свойств. Введение в макромолекулу волокнообразующих полимеров полярных групп обуславливает возможность осуществления регулируемой по прочности фиксации различных модификаторов в полимерном субстрате волокна.

На рисунке 1 приведены химические формулы волокнообразующего терсополимера (ВТП) акрилонитрила (АН), метилакрилата (МА) и 2-акриламид-2-метилпропансульфонокислоты (АМПС), а также бактерицидного препарата катамин АБ.

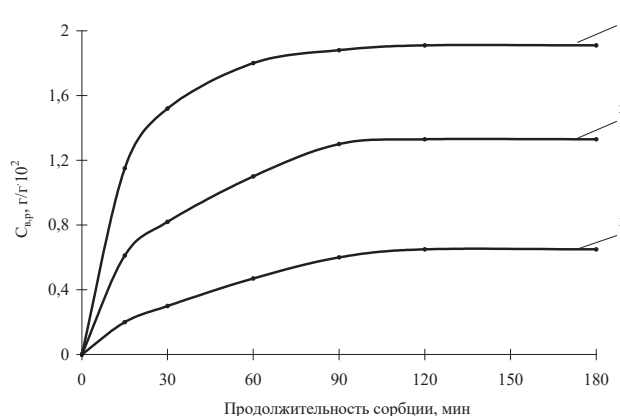


**Рисунок 1 – Химические формулы поли[АН-со-МА-со-АМПС] (а) и бактерицидного препарата катамин АБ (б)**

Целью данной работы явилось изучение процесса модификации ПАН волокнистых материалов на основе поли[АН-со-МА-со-АМПС] бактерицидным препаратом катамин АБ. Получение бактерицидных волокнистых материалов осуществлялось двумя способами:

- путем инклюзионной модификации ПАН гель-волокна, сформованного на прядильно-отделочной линии завода «Полимир» ОАО «Нафтан», 1–5 % (масс.) водными растворами катамина АБ;
- путем добавления катамина АБ в прядильный раствор поли[АН-со-МА-со-АМПС] в диметилформамиде (ДМФ) в определенном мольном соотношении к сульфогруппам, содержащимся в звеньях сополимера (1:1, 1:2, 1:5, 1:10).

Изучение кинетических закономерностей сорбции катамина АБ ПАН гель-волокном из водных растворов (рисунок 2) при температуре 80°C показало, что равновесие в исследуемой системе в этом температурном диапазоне достигается через 1,5 ч.



**Рисунок 2 – Кинетика сорбции катамина АБ ПАИ  
гель-волокном из водных растворов при 80 °С**  
Концентрация катамина АБ в водном растворе, % (масс.):  
1 – 5,0; 2 – 2,0; 3 – 1,0

Для оценки возможности получения бактерицидных ПАИ волокон путем добавления катамина АБ в прядильный раствор готовили 20 % прядильные растворы поли[АН–со–МА–со–АМПС] в ДМФ как без модификатора, так и с модификатором катамином АБ.

Формование модельных образцов ПАИ волокон осуществляли «мокрым» методом с использованием лабораторной стендовой установки [1] в соответствии с основными технологическими режимами, представленными в таблице 1.

Показана антимикробная активность ПАИ волокон, модифицированных катамином АБ различными способами, по отношению к культурам *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*, которая сохраняется даже после 10 стирок. Увеличение концентрации модификатора в водных растворах при проведении инклюзионной модификации, как и увеличение содержания модификатора в прядильном растворе, практически не влияет на биологическую активность модифицированных ПАИ волокон.

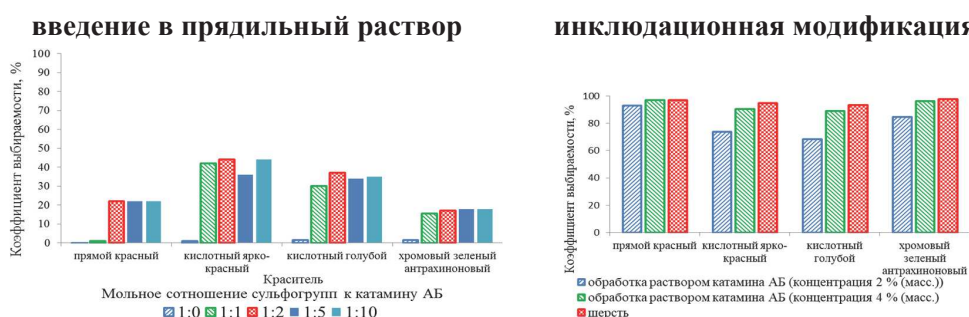
**Таблица 1 – Условия формования модельных ПАИ волокон**

Растворитель	ДМФ
Содержание ВТП в прядильном растворе, %	20 ± 1
Скорость формования, м/мин	1,0
Концентрация растворителя в осадительной ванне, %	55 ± 1
Температура осадительной ванны, °С	15 ± 1
Температура пластификационной ванны, °С	95,5 ± 1
Количество отверстий в фильере, шт.	120
Пластификационная ванна	вода
Кратность пластификационного вытягивания	5

Одним из важнейших потребительских свойств полиакрилонитрильных (ПАН) волокон текстильного назначения является их способность окрашиваться красителями. Этот показатель определяется, прежде всего, композиционным составом ВТП, из которого формируют ПАН волокна. В практике производства ПАН волокон, с целью придания им окрашиваемости или других специальных свойств, в сополимеры, как правило, вводят третий сомономер с кислотными или основными свойствами в количестве около 1,0–1,5 % (масс.).

Установлено, что модификация ПАН волокна катамином АБ приводит к потере его сродства к катионным красителям и проявлению сродства к анионным красителям. Способ модификации (инклюдационная модификация ПАН волокон в гель-состоянии либо введение модификатора в прядильный раствор) и химическая природа анионного красителя влияют на коэффициент его выбираемости (КВ) (рисунок 3).

Инклюдационная модификация обуславливает намного большую способность модифицированных ПАН волокон окрашиваться анионными красителями (особенно в случае прямых и хромовых красителей) по сравнению с волокнами, модифицированными посредством введения катамина АБ в прядильный раствор. Такая зависимость, по-видимому, обусловлена тем, что модификатор концентрируется в поверхностных областях филаментов и при последующем погружении в раствор красителя максимальное количество катионов модификатора «работают» на связывание анионов красителя.



**Рисунок 3 – Результаты определения коэффициента выбираемости анионных красителей модифицированными катамином АБ ПАН волокнами и шерстью**

КВ анионных красителей при крашении образцов модельных волокон, полученных из модифицированных прядильных растворов, значительно зависит от природы красителя. Увеличение количества введенного модификатора в прядильный раствор до сверхэквивалентного (по отношению к сульфогруппам АМПС) практически не влияет на значения КВ красителей.

КВ анионных красителей при крашении ПАН волокон, полученных путем инклюзионной модификации гель-волокон, в меньшей степени, по сравнению образцами, полученными путем введения в прядильный раствор, зависит от природы красителя.

Таким образом, установлена возможность модификации ПАН волокон путем введения катамина АБ в прядильный раствор. Волокна, содержащие катамин АБ, приобретают способность окрашиваться анионными красителями (в зависимости от содержания модификаторов можно подбирать глубину крашения ПАН волокон), что делает реальной возможность совместного крашения модифицированных ПАН волокон и шерсти.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пчелова, Н.В. Исследование влияния условий формования на окрашиваемость гель-волокон из сополимеров акрилонитрила, метилакрилата и итаконовой кислоты / Н.В. Пчелова, Л.А. Щербина, И.С. Городнякова, И.А. Будкуте // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2020. – № 2 (39). – С. 118-129. DOI: org/10.24411/2079-7958-2020-13912.

УДК 543.632.54

**Лаптик И.О., Прокопчук Н.Р.**

(Белорусский государственный технологический университет)

**Постников Д.П.**

(ООО «МагКомпозит»)

### **ПОВЫШЕНИЕ НАНОЧАСТИЦАМИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ**

Полимерная композитная арматура на основе эпоксидных, ненасыщенных полиэфирных смол и различных волокнистых наполнителей все больше применяется взамен стальной, так как не подвержена коррозии во время эксплуатации. Долговечность композитной арматуры прогнозируется до 50 лет на основе кинетики снижения механических свойств. Методы повышения долговечности композитной арматуры системно не исследуются. В данной работе впервые выполнено исследование по влиянию щелочной среды бетонной массы на понижение долговечности арматуры на основе эпоксидной смолы. Предложен и изучен способ возможного повышения долговечности данного вида арматуры введением в систему эпоксидного связующего наночастиц.