

2. Патент RU2799938C1. Жидкий гидрогелевый пластырь и способ его получения.

3. Breaking boundaries: the advancements in transdermal delivery of antibiotics / Z. Alkilani [et al.] // Drug Deliv. – 2024. – Vol. 31. – P. 23–36.

4. Сизенцов А. Н., Мисетов И. А., Каримов И. Ф. Антибиотики и химиотерапевтические препараты. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 489 с.

5. М. С. Карнилов, Д. Б. Рыклин, С. Э. Ржеусский. Получение антисептических пленок методом электроформования // Вестник ВГТУ. – 2025. – № 3. – С. 65–76.

6. Государственная Фармакопея Республики Беларусь II. В 2 Т. Т. 1. Общие методы контроля качества лекарственных средств / М-во здравоохранения Республики Беларусь, РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении». 2012. – 1220 с.

УДК: 577.11

Я. Э. Ялгашев, ст. науч. сотр.,  
Н. С. Кобилов, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,  
А. Т. Сероджев, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.  
(Узбекский химико-фармацевтический научно-исследовательский институт,  
г. Ташкент, Узбекистан)

## **ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БИОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА**

Применение полимеров в медицине очень разнообразно, от изготовления медицинских инструментов до замены тканей организма. Полимеры – это высокомолекулярные химические соединения со специфическими свойствами. Прочность, лёгкость, гибкость и химическая инертность делают их идеальным материалом для использования в медицинских целях.

Наряду с быстрым расширением использования полимеров в медицине, в этой области все еще существует ряд нерешённых острых вопросов. Например, при использовании полимерных компонентов для замены органов и тканей организма встречаются случаи отказа от этих продуктов. Это связано с биологической несовместимостью полимеров с тканями организма, поэтому усилия многих ученых и исследователей в ближайшем будущем направлены на разработку новых полифункциональных марок полимеров, характеризующихся более высокой биосовместимостью.

Интересны и перспективны исследования по разработке другой группы биологически активных полимеров – полифункциональных биоматериалов с управляемыми служебными функциями. Такие по-

лимеры могут быть использованы в производстве инновационных швейных материалов для полостных операций, антисептиков для открытых ран или средств для транспортировки лекарственных средств по всему организму. В организме эти материалы подвергаются постепенному разложению, одновременно выполняя специфические функции за счет различных функциональных групп.

Основными требованиями, предъявляемыми к полимерам и композитам на их основе, являются: стабильность основных физико-механических свойств; химическая стойкость (инертность), обеспечивающая стабильность изделий под воздействием жидких сред и стерилизующих агентов; минимальное содержание низкомолекулярных примесей, стабилизаторов, катализаторов и других технологических добавок; отсутствие запаха; способность выдерживать тепловую (в том числе автоклавирование) и радиационную стерилизацию; стабильность состава жидких медицинских препаратов, находящихся в контакте с полимерным материалом; отсутствие выделения токсичных и канцерогенных веществ; отсутствие опасности травмирования живой ткани и влияния на свертывание крови и гемолиз; отсутствие способности инициировать денатурацию белков, ферментов и вызывать отклонения в системе метаболизма; отсутствие способности нарушать электрический (электрофизический) баланс в тканях; отсутствие опасности механического разрушения под действием химических веществ, входящих в состав живого организма, лекарственных препаратов, стерилизующих агентов; стабильная структура поверхности изделия. Рассматривается возможность получения биоматериалов, отвечающих этим требованиям, на основе полиакрилонитрила и его полифункциональных модификаций.

Полиакрилонитрил (ПАН) используется в медицине, главным образом, в производстве швейных материалов благодаря своим прочным и химически стойким волокнам (особенно там, где требуется высокая прочность и биосовместимость), а также в создании медицинских фильтров, протезов и имплантатов (в качестве компонента или матрицы для тканевой инженерии, например, в костных имплантатах) и в качестве основы для создания лекарственных средств благодаря растворимости в некоторых полярных растворителях.

ПАН производится в Узбекистане, в частности, его выпускает АО «Navoiyazot» (Навоиазот) под маркой PAN STP Uz 6,1-46-95, а также его модификации, такие как гидролизированный ПАН ("Гипан"), используемый для буровых растворов.

В настоящее время в Узбекском научно-исследовательском химико-фармацевтическом институте проводятся исследования по полу-

чению полифункциональных биоматериалов, используемых в медицине и фармацевтике, на основе модификаций местных ПАН.

Основная цель исследования заключается в создании биосовместимых волокон для медицины, используемых в тканевой инженерии, гибридных материалов, фильтров и мембран, волокнистых материалов с улучшенными свойствами для покрытий (с антибактериальными свойствами, высокой биосовместимостью и новыми функциями, такими как улучшение регенерации тканей) на основе модификаций ПАН. Эти модификации позволяют создавать материалы нового поколения для имплантатов, систем доставки лекарств, фильтрации и биосенсоров.

Для модификации предполагается использование методов химической модификации: гидролиза, аминирования, амидоксимирования, а также переработки гидролизованых производных с присоединением различных активных групп. В результате гидролиза ПАН ему придается исходная гидрофильная способность, при которой нитрильные группы превращаются в карбоксильные ( $-COOH$ ) или амидные ( $-CONH_2$ ) группы. Изменяя степень гидролиза, можно контролировать свойства получаемого биоматериала, его биологическую активность, количество вводимых активных групп. Степень модификации можно проверить спектроскопическим методом, путем уменьшения пика группы ( $-CN$ ) в области  $2240\text{ см}^{-1}$  и появления новых групп, например ( $-COOH$ ) в области  $1730\text{ см}^{-1}$ .

На сегодняшний день актуальным направлением применения полимеров в медицине является получение нановолокна ПАН путем электро-прядения (electro-spinning) и пришивание к нему мономеров, содержащих активную группу, а на заключительном этапе - получение полифункциональных биоматериалов путем присоединения к образовавшимся группам ферментов или антибиотиков. Такие материалы используются в производстве инновационных интеллектуальных бинтов, для получения искусственных сосудов, которые предотвращают свертывание крови и способствуют росту новых эндотелиальных клеток. Одновременно с этим требуется вести систематизацию организационно-технических мероприятий с целью своевременного внедрения полимерных материалов и композитов в медицинскую практику, что будет способствовать повышению общего уровня качества и эффективности лечебного процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочеткова, Е.М. Полимеры в медицине. // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам СХСIV международной научно-практич. конф., Москва, 21 декабря 2020 года.

Том 47 (194). – Москва: «Интернаука», 2020. – С. 213–215.

2. А.Н. Панченко. Применение полимерных материалов в медицинских целях. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, vol. 6-2 (69), 2022. – С. 6–9.

3. Лось Д.М., Шаповалов В.М., Зотов С.В. Применение полимерных материалов для изделий медицинского назначения. *Проблемы Здоровья и Экологии*. 2020; 64(2). – С. 5–13.

4. Васнецова ОА. Медицинское и фармацевтическое товароведение: 3-е изд., перераб. и доп. Москва, РФ: Авторская Академия; 2016. – 424 с.

5. Каршиев М.Т., Нуркулов Ф.Н. Синтез и исследование модифицированного полиакрилонитрила // *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн*. 2025. 2(128). – С. 56–59.

УДК 615.322.074:635.712

С. А. Рапинчук, маг., К. А. Орищук, студ.,

О. С. Игнатовец, канд. биол. наук, доц.,

Е. В. Феськова, канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,

В. Н. Леонтьев, канд. хим. наук, зав. каф. (БГТУ, г. Минск)

### **КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *ROSMARINUS OFFICINALIS L.***

Розмарин лекарственный (*Rosmarinus officinalis L.*) – вечнозелёный полукустарник семейства Lamiaceae, широко используемый в фармацевтической, пищевой и косметической промышленности. Листья растения содержат комплекс биологически активных веществ (БАВ), включающий фенольные соединения, терпеноиды и компоненты эфирного масла, обладающие выраженной антиоксидантной, противовоспалительной и антимикробной активностью [1, 2].

В настоящее время возрастает интерес к использованию растительного сырья как источника природных антиоксидантов, способных заменить синтетические добавки. Фенольные соединения розмарина характеризуются выраженной антирадикальной активностью и способны снижать риск развития атеросклероза, сахарного диабета и других метаболических нарушений [2, 3]. Эфирное масло розмарина содержит до 2,0 % летучих компонентов, среди которых доминируют моно- и сесквитерпены (1,8-цинеол, камфора, борнеол, борнилацетат), обладающие антисептическим и противовоспалительным действием [1, 4].

Целью исследования являлось проведение комплексного анали-