УДК 677.047.65
DOI 10.47367/0021-3497_2026_3_204

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ КОСМЕТИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ*

PRODUCTION OF TEXTILE MATERIALS WITH PROLONGED COSMETIC EFFECT

А.Ф. АЛЁХИНА, К.А. ЕРЗУНОВ, О.П. СМИРНОВА, Т.Р. УСАЧЕВА, О.И. ОДИНЦОВА

A.F. ALYOKHINA, K.A. ERZUNOV, O.P. SMIRNOVA, T.R. USACHEVA, O.I. ODINTSOVA

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

(Ivanovo State University of Chemistry and Technology)

E-mail: anast.aleohina2016@yandex.ru, odolga@yandex.ru

Статья посвящена разработке текстильных материалов с косметическим эффектом. Для микрокапсулирования масел растительной природы в оболочку на основе синтетических полиэлектролитов предложен метод электростатической самосборки "Layer-by-layer". В качестве активных веществ использовали масла виноградной косточки, грецкого ореха, алоэ вера, жасмина, зародышей пшеницы, арганы, шиповника, богатые витамином Е, витамином А и жирными кислотами. Данные компоненты обеспечивают увлажняющее и питающее действия, способствуют замедлению процессов преждевременного старения клеток кожного покрова человека ("anti-age" и антиоксидантные свойства). В качестве оболочкоформирующих агентов применяли разноименно заряженные полиэлектролиты: полидиаллилдиметиламмоний хлорид (ПДАДМАХ) и Акремон Lk-2. Установлены оптимальные параметры проведения синтеза микрокапсул. Получен ряд дисперсий, содержащих перечисленные масла в капсулированной форме. Изучена агрегативная устойчивость дисперсий, оценены изменения размерных характеристик капсул во времени. Размер частиц определяли методом динамического рассеяния света на приборе Photocor Compact-Z. Проведен сравнительный анализ характеристик синтезированных частиц с различными маслами. Изображения микрокапсул получены с помощью оптического микроскопа Микмед-6 и специального программного обеспечения. Предложена технология послойного закрепления капсул с активным веществом в ядре на целлюлозном текстильном материале с использованием полиэлектролитов Акремона Lk-2 и полидиаллилдиметиламмония хлорида. Высвобождение активного вещества из ядра капсул осуществляется порционно под действием механического контакта с кожей человека. Применение таких дисперсий актуально для получения текстильных изделий с косметическим эффектом: шарфиков, палантинов, постельного и нательного белья, спортивной одежды, банных принадлежностей, текстильных материалов медицинского назначения.

The article is devoted to the development of textile materials with a cosmetic effect. A layer-by-layer electrostatic self-assembly method has been proposed for microcapsulating vegetable oils into a shell based on synthetic polyelectrolytes. Grape

* Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW- 2026-0004. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

seed, walnut, aloe vera, jasmine, wheat germ, argan, and rosehip oils rich in vitamin E, vitamin A, and fatty acids were used as active ingredients. These components provide moisturizing and nourishing effects, help slow down the processes of premature aging of human skin cells ("anti-age" and antioxidant properties). Variously charged polyelectrolytes were used as shell-forming agents: polydiallyldimethylammonium chloride (PDADMACH) and Acremon Lk-2. Optimal parameters for the synthesis of microcapsules have been established. A number of dispersions containing the listed oils in capsule form have been obtained. The aggregative stability of the dispersions was studied, and the dimensional characteristics of the capsules over time were evaluated. The particle size was determined by dynamic light scattering on a Phorocor Compact-Z device. A comparative analysis of the characteristics of synthesized particles with various oils is carried out. The microcapsule images were obtained using a Micmed-6 optical microscope and special software. A technology for layer-by-layer fixation of capsules with an active substance in the core on a cellulosic textile material using polyelectrolytes of Acremon Lk-2 and PDADMAKH (VPK-402) is proposed. The release of the active substance from the capsule core is carried out in portions under the influence of mechanical contact with human skin. The use of such dispersions is relevant for the production of textiles with a cosmetic effect: scarves, stoles, bed linen and underwear, sportswear, bath accessories, textile materials for medical purposes.

Ключевые слова: микрокапсулирование, микрокапсулы, полиэлектролиты, масла, косметический эффект, пролонгированное выделение.

Keywords: microcapsulation, microcapsules, polyelectrolytes, oils, cosmetic effect, prolonged release.

Введение

Современная текстильная промышленность продолжает внедрять новейшие технологии для получения функциональных материалов различного назначения. Не менее актуально получение текстильных материалов с косметическим эффектом. Такие материалы представляют собой ткани с нанесенными активными косметическими веществами, которые контактируют с кожей человека и способствуют улучшению ее состояния. Так, например, благодаря высокой сорбционной способности волокна широко применяются нетканые материалы для создания косметических масок, позволяющих реализовывать дозированную передачу активного вещества кожному покрову без необходимости последующего применения сывороток и кремов [1].

В составах большинства дерматокосметических средств в качестве основных компонентов применяются масла растительного и животного происхождения, насыщенные токоферолами и ретиноидами (витаминами Е и А), а также комплексом свободных жирных кислот. Данные соединения участвуют в поддержании гидрофильно-липофильного баланса эпидермиса, ингибируя быстрое окисление липидов в клеточных мембранах кератиноцитов ("anti-age" действие). Кроме того, они способствуют уменьшению выраженности воспалительных процессов, проявляют регенерирующие свойства, что подтверждено клиническими испытаниями [1, 2].

Широкий спектр исследований посвящен получению косметических лекарственных и уходовых средств на основе масел растительного происхождения. Масло арганы рекомендовано для включения в композиции антивозрастных сывороток, "барьер"-восстанавливающих кремов за счет содержащихся в его составе олеиновой кислоты (до 50%), линолевой кислоты (до 40%), *Y*-Токоферола (витамин Е), проявляющих синергетический эффект между собой и витамином С

[2]. Масло зародышей пшеницы характеризуется высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, включая линолевую и пальмитиновую. Большая доля токоферолов, фитостеролов и сквалена в составе масла определяет его как соединение с высокими антиоксидантными и антибактериальными свойствами [3]. Многокомпонентный состав масла шиповника способствует ускорению процессов регенерации клеток кожи и ранозаживления [4]. Масло алоэ вера состоит из витаминов С, Е, А, витаминов группы В, способствующих ускорению синтеза коллагена, увлажнению, регенерации клеток кожи, защите от УФ-воздействий и оказывающих противовоспалительный эффект [5]. Масло виноградной косточки, а также грецкого ореха и жасмина оказывает успокаивающее, антисептическое, регенерирующее действие, проявляет выраженные антиоксидантные и себорегулирующие свойства, укрепляет стенки капилляров. Перечисленные характеристики масел определяют их универсальную применимость в составах косметических средств для сухого, чувствительного или проблемного типа кожи человека [6…10].

Действие традиционных косметических препаратов реализуется в период непосредственного их нанесения на кожный покров и нивелируется после их удаления. Кроме того, концентрация активных веществ (масел и витаминов) в таких средствах чаще всего очень мала. Закрепление сложных многокомпонентных структур в чистом виде на текстильных материалах невозможно. Для решения данной проблемы предложена технология микрокапсулирования, активно применяемая в фармацевтической и косметической промышленности. В этом случае формируется микрокапсула "резервуарного типа": активное вещество (масла или витамины) составляет ядро капсулы, окруженное специальной оболочкой, способной регулировать выделение активного вещества из ядра за счет своей пористой структуры. Для формирования подобных оболочек капсул наиболее эффективными являются природные и синтетические полиэлектролиты, в структуре которых содержатся разноименно заряженные группы. Взаимодействие таких соединений осуществляется по методу электростатической самосборки или методу "layer-by-layer" с образованием интерполиэлектролитных комплексов [11…13].

Методика эксперимента

В работе использовали масло грецкого ореха, масло виноградной косточки, масло шиповника, эфирное масло жасмина, масло арганы, масло зародышей пшеницы (компания "Химпитерторг Групп"), масло алоэ вера (ООО "Pellesana″, Россия), масло алоэ вера (Пакистан). Эмульгаторами служили Неонол АФ 9/10 (100%, Нижнекамскнефтехим); Карбоксипав 6.90 (карбоксилаты оксиэтилированных алкилфенолов, 90%, ООО НПО "НИИПАВ", г. Волгодонск). Для формирования оболочки капсулы опробованы полиэлектролиты: ПОЛИДАДМАХ (100%, ПО "Каустик", г. Стерлитамак); Акремон LK-2 (100%, ООО "Оргполимерсинтез СПб", г. Санкт-Петербург).

Получение микрокапсул с ядром из природного масла базировалось на принципе электростатической самосборки на границе раздела фаз "масло-вода". Стабилизацию первичной эмульсии достигали введением смеси неионогенного (Неонол АФ 9/10) и анионного (Карбоксипав 6.90) поверхностно-активных веществ.

Последующее формирование полиэлектролитной оболочки вокруг стабилизированных капель масла реализовывали за счет кулоновского взаимодействия между функциональными группами катионного полидиаллилдиметиламмоний хлорида (3 г/л) (ПДАДМАХ) и анионного полиэлектролита Акремон Lk‑2 (3 г/л) (соотношение 1:1) при контролируемых условиях перемешивания (600 об/мин, 25 мин), что обеспечивало последовательное осаждение слоев с чередованием заряда.

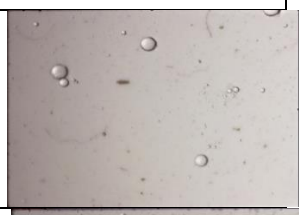
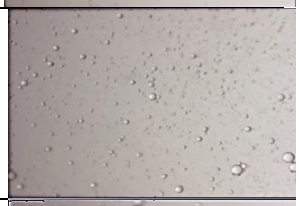
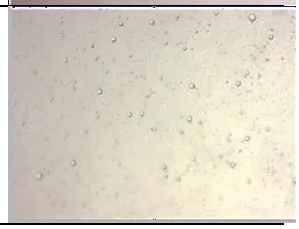
Для синтеза ряда дисперсий использовали магнитную мешалку Magnetic Stirrer MMS-3000. Размер полученных микрокапсул и агрегативную устойчивость дисперсий определяли методом динамического рассеяния света на приборе Photocor Compact-Z (ООО "Фотокор", г. Москва).

Результаты и их обсуждение

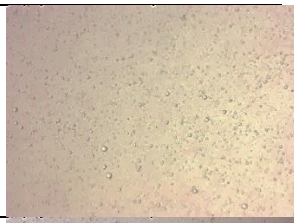
Эффективность процесса капсулирования биологически активных веществ зависит от кинематической вязкости масел. Масла с низкой кинематической вязкостью требуют жестких условий эмульгирования: длительного времени, контроля температуры, дополнительных эмульгаторов. Для обеспечения успешного капсулирования растительных масел их кинематическая вязкость должна составлять не менее 40 мм^2/с, при этом оптимальный диапазон находится в пределах 60…100 мм^2/с, поскольку низкие значения вязкости обычно свидетельствуют о высоком содержании летучих компонентов-стабилизаторов в масляной фазе (терпеновые спирты: линалоол, гераниол и др., сложные эфиры, альдегиды и кетоны).

Для получения текстильных материалов с пролонгированным косметическим действием эффективными будут дисперсии, содержащие капсулы на основе растительных масел нанометрового размера, что обеспечит наиболее равномерное распределение частиц на всей поверхности обрабатываемого материала. Получен ряд дисперсий, содержащих различные масла растительного происхождения в капсулированной форме. Критериями оценки степени капсулирования масел служили архитектура оболочки капсул, кинетика изменения среднего размера, значение дзета-потенциала (мВ), выступающего показателем стабильности дисперсий. Характеристики синтезированных капсул на основе различных эфирных масел растительного происхождения в оболочке ПДАДМАХ/АкремонLk-2 представлены в табл. 1.

Таблица 1

№	Ядро капсулы	Средний размер частиц в свежеприготовленной дисперсии / через 14 суток / через 4 месяца, нм	Изменение размера, %	Вязкость кинематическая, мм^2/с	ζ, мВ	Изображение микрокапсул х100
1	Масло виноградной косточки	39 / 42 / 97…101	+ 153 % или х 2,5 раза	43	-2,46±0,2	
2	Масло грецкого ореха	71 / 71 / 115	+ 62 %	98,13	-3,22±0,38	
3	Эфирное масло жасмина	102 / 148/150	+ 47 %	14,33	-5,51±1,02	
4	Масло шиповника	44 / 38/ 97	+ 117 % или х 2 раза	108,5	-2,92±0,6	

Окончание табл. 1

5	Масло арганы	44 / 42/45	+ 2,5 %	90,14	-4,41±0,53	
6	Масло зародышей пшеницы	30 / 49/50	+ 66 %	69,94	-1,28±3,12	

Показано, что максимальный средний размер частиц для ряда дисперсий не превышает 150 нм. Кроме того, размер частиц напрямую зависит от выбранного активного вещества в качестве ядра и коррелирует с его химическим составом (содержанием триглицеридов, жирных кислот и др. компонентов). При измерении размера капсул на анализаторе Photocor Compact-Z суммарная относительная погрешность вывода данных составляет ±1% от измеряемого значения и также связана с оптическими характеристиками исследуемых композиций с капсулами. Контрольные измерения, проведенные через 4 месяца, показали, что максимальное увеличение размера капсулы характерно при использовании в качестве ядра масла жасмина. Эфирное масло жасмина демонстрирует минимальную вязкость (14,33 мм²/с), поскольку представляет собой смесь низкомолекулярных терпеноидов и ароматических эфиров со слабыми межмолекулярными взаимодействиями, в отличие от растительных масел, состоящих из высокомолекулярных триглицеридов. Малые молекулы терпенов и эфиров легче диффундируют через поры полиэлектролитной сетки. Это создает осмотический градиент: вода из внешней среды проникает в капсулу, вследствие чего наблюдается набухание оболочки. Компоненты жасмина (бензилацетат, линалоол, жасмон, бензиловый спирт, индол и бензойная кислота) могут взаимодействовать с полидиаллилдиметиламмоний хлоридом за счет комбинации слабых сил (водородные, диполь-дипольные донорно-акцепторные), которые конкурируют с электростатическими силами и приводят к ослаблению связей в полиэлектролитном комплексе [14]. Это способствует набуханию оболочки капсулы и гипотетически увеличивает скорость выделения активного вещества. Подобные результаты получены для дисперсий с капсулами на основе других масел: в течение времени наблюдалось увеличение среднего размера частиц.

Дисперсии, включающие микрокапсулы на основе масел грецкого ореха и арганы, демонстрируют максимальную стабильность размеров во времени. Практически стабильным остается размер капсул на основе масла арганы, что, по-видимому, обусловлено содержанием в его составе около 80% ненасыщенных жирных кислот: олеиновой 35…50%, линолевой 30…35% [15]. Изображения, полученные с помощью оптического микроскопа Микмед-6 и специальной программы, показали, что для всех рассматриваемых систем характерно образование капсул правильной сферической формы. Низкие значения ζ-потенциала свидетельствуют о слабом электростатическом отталкивании между частицами, однако последующее изучение размера частиц и полученные с помощью оптического микроскопа изображения после четырех месяцев экспозиции дисперсии не выявили признаков агрегации. Данный эффект может быть обусловлен структурой сформированной оболочки на основе ПДАДМАХа/Акремона Lk-2. Разработанные дисперсии устойчивы во времени и могут использоваться в качестве основы текстильных вспомогательных веществ для придания натуральным текстильным материалам комплекса косметических свойств.

К значимым косметическим веществам относится масло алоэ вера, обладающее высокими противовоспалительными и антибактериальными свойствами благодаря наличию в составе салициловой кислоты, флавоноидов, цинка, гликопротеинов и фитогормонов. Его используют для ускорения регенерации кожи, снятия воспаления и предотвращения возникновения высыпаний. Необходимо учитывать, что масло алоэ вера в больших концентрациях может вызывать аллергические реакции, особенно при длительном применении. Капсулирование масла в полиэлектролитную оболочку является технологическим решением, которое позволяет контролировать высвобождение активных компонентов и минимизировать риск возникновения аллергии.

С использованием масла алоэ вера в качестве модельного объекта проведена сравнительная оценка выпускных форм продукции двух производителей. Проведен анализ влияния исследуемых образцов на морфологические характеристики (размер и распределение по размерам) синтезированных микрокапсул, а также на коллоидную устойчивость сформированных дисперсий (рис. 1).

Рис. 1

Установлено, что средний размер капсул, содержащих масло алоэ вера (Россия), через 4 месяца увеличился на 36% (ζ-потенциал -4,01±3,02). Использование масла алоэ вера другого производителя позволило получить частицы меньших размеров, при этом значения ζ-потенциала составило -5,3 ± 0,48 (увеличение среднего размера частиц на 33%). Изображения микрокапсул на основе масел алоэ вера различных производителей представлены на рис. 2 (А – Россия; Б – Пакистан).

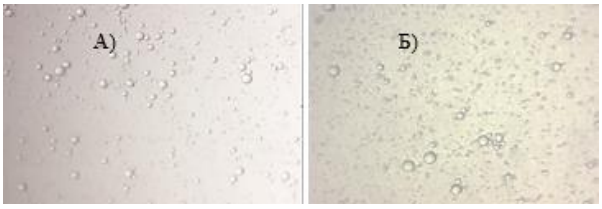


Рис. 2

Методом оптической микроскопии установлено, что в обоих случаях синтезированы капсулы сферической формы.

Наносить микрокапсулы на целлюлозный текстильный материал предложено традиционным методом пропитки. С этой целью текстильный материал сначала обрабатывали в 1%-м растворе катионного полидиаллилдиметиламмония хлорида, в готовой дисперсии, содержащей капсулы, а затем в растворе 1%-го анионного полиэлектролита Акремона Lk-2 с промежуточной сушкой. Пропитка в дисперсиях с капсулами, содержащими масла в качестве ядра, не требует дополнительного сложного и дорогостоящего оборудования, так как их средняя кинематическая вязкость не превышает 100 мм^2/с. Это способствует формированию равномерного функционального покрытия на поверхности материала. Анализ прочностных характеристик бязи не выявил изменения разрывной нагрузки текстильного материала.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования разработана методика синтеза микрокапсул, где в качестве ядра применены различные эфирные масла растительного происхождения. Установлено, что размер частиц зависит от химического состава ядра капсул. Изучение дисперсий во времени показало, что все системы являются агрегативно устойчивыми, что может быть обусловлено образованным полиэлектролитным комплексом оболочки на основе ПДАДМАХ/Акремона LK-2, которая формирует пространственно-механи-

ческий барьер, предотвращающий агрегацию частиц.

Малый размер частиц обеспечивает возможность однородного распределения частиц на всей площади поверхности ткани. Максимальный средний размер капсул получен в случае применения в качестве активного вещества масла жасмина (более 100 нм). Для данной дисперсии наблюдалось увеличение среднего размера частиц на 47 % через 4 месяца. Наибольшую стабильность во времени размеров частиц показали дисперсии № 5, 6, а также дисперсия, содержащая закапсулированное масло алоэ вера (Пакистан). Данные дисперсии содержат микрокапсулы нанометрового размера (до 100 нм). Средний размер микрокапсул практически не изменился по прошествии 4 месяцев экспозиции.

На примере масла алоэ вера показано, что от производителя и, следовательно, от степени очистки, химического состава масла (консерванты, стабилизаторы и т. д.) зависят параметры получаемых микрокапсул. Для иммобилизации капсул нанометрового размера на целлюлозной ткани целесообразно применение метода послойного закрепления "Layer-by-layer" с использованием синтетических разноименно заряженных полиэлектролитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Iavich P.A., Kakhetelidze M., Gabelaya M.A., Churadze L.I.* Cosmeceutical masks using therapeutic mud of Akhtala (Georgia) and products from plant materials // World Journal of Pharmaceutical Research. 2020, N.4. V. 9. P. 189…194.
2. *Serrafi A. Chegdani F.,Bennis F.,Kepinska M.* The importance of argan oil in medicine and cosmetology // Nutrients. 2024, N. 20. V. 16. P. 3573.
3. *Mahmoud A.A., Mohdaly A.A.A., Elneairy N.A.A.* Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics // Food and Nutrition Sciences. 2015, N. 2. V. 6. P. 265.
4. *Pereira Oliveira C.N., Nani Leite M., N.A. de Paula etc.* Nanoemulsions based on sunflower and rosehip oils: the impact of natural and synthetic stabilizers on skin penetration and an ex vivo wound healing model // Pharmaceutics. 2023, N. 3. V. 15. P. 999.
5. *Saleem A., Naureen I., Naeem M. etc.* Aloe vera gel effect on skin and pharmacological properties // Scholars international journal of anatomy and physiology. 2022. N. 1. V. 5. P. 1…8.
6. *Shawahna R.* Effects of a grapeseed oil (Vitis vinifera L.) loaded dermocosmetic nanoemulgel on biophysical parameters of facial skin: A split-face, blinded, placebo-controlled study // Journal of Cosmetic Dermatology. 2022. N. 11. V. 21. P. 5730…5738.
7. *Andonova A., Gugleva V., Sotirova Y., Nikolova K.* Influence of natural oils on the textural and rheological properties of cosmetic creams. Pharmacia. 2024. V. 71. P. 1…10.
8. *Atif M., Mehmood R.A., Noor A.Z., Shaukat S.* Surface modified walnut shell derived carbon particles for anti-acne skin treatment // Diamond and Related Materials. 2023. V. 140. P. 110394.
9. *Galea C., Cocoș D.I., Feier F.* The use of essential oils in the development of dermato-cosmetic products // Medicine and Materials. 2023. N. 1. V. 3. P. 31…36.
10. *Abelan U.S., AC de Oliveira, ÉSP Cacoci.* Potential use of essential oils in cosmetic and dermatological hair products: A review // Journal of cosmetic dermatology. 2022, N. 4. V. 21. P. 1407…1418.
11. *Липина А.А., Петрова Л.С., Петрушина В.Ю. и др.* Разработка микрокапсулированных препаратов на основе белков для антибактериальной отделки тканей // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. №. 4 (412). С. 147…156.
12. *Одинцова О.И., Петрова Л.С., Козлова О.В.* Микрокапсулирование биологически активных веществ и их использование для функционализации текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. №. 4. С. 85…89.
13. *Petrova L.S., Kozlova O.V., Vladimirtseva E.L. etc.* Development of multifunctional coating of textile materials using silver microencapsulated compositions // Coatings. 2021, N. 2. V. 11. P. 159.
14. *Reginatto P., Donato R.K., Donato K.Z. etc.* Poly (diallyldimethylammonium chloride) in antimicrobial and functional Interfaces: A comprehensive review // European Polymer Journal. 2025. P. 114386.
15. *Gharby S., Charrouf Z.* Argan oil: chemical composition, extraction process, and quality control // Frontiers in nutrition. 2022. V. 8. P. 804587.

REFERENCES

1. *Iavich P.A.,Kakhetelidze M., Gabelaya M.A., Churadze L.I.* Cosmeceutical masks using therapeutic mud of Akhtala (Georgia) and products from plant materials // World Journal of Pharmaceutical Research. 2020. N. 4. V. 9. P. 189…194.
2. *Serrafi A. Chegdani F., Bennis F., Kepinska M.* The importance of argan oil in medicine and cosmetology // Nutrients. 2024, N. 20. V. 16. P. 3573.
3. *Mahmoud A.A., Mohdaly A.A.A., Elneairy N.A.A.* Wheat germ: an overview on nutritional value, antioxidant potential and antibacterial characteristics // Food and Nutrition Sciences. 2015. N. 2. V. 6. P. 265.

4. *Pereira Oliveira C. N., Nani Leite M., N.A. de Paula etc.* Nanoemulsions based on sunflower and rosehip oils: the impact of natural and synthetic stabilizers on skin penetration and an ex vivo wound healing model // Pharmaceutics. 2023. N. 3. V. 15. P. 999.

5. *Saleem A., Naureen I., Naeem M. etc.* Aloe vera gel effect on skin and pharmacological properties // Scholars international journal of anatomy and physiology. 2022. N. 1. V. 5. P. 1…8.

6. *Shawahna R.* Effects of a grapeseed oil (Vitis vinifera L.) loaded dermocosmetic nanoemulgel on biophysical parameters of facial skin: A split-face, blinded, placebo-controlled study // Journal of Cosmetic Dermatology. 2022, N. 11. V. 21. P. 5730…5738.

7. *Andonova A. Gugleva V., Sotirova Y., Nikolova K.* Influence of natural oils on the textural and rheological properties of cosmetic creams. Pharmacia. 2024. V. 71. P. 1…10.

8. *Atif M., Mehmood R.A., Noor A.Z., Shaukat S.*Surface modified walnut shell derived carbon particles for anti-acne skin treatment // Diamond and Related Materials. 2023. V. 140. P. 110394.

9. *Galea C., Cocoş D.I., Feier F.* The use of essential oils in the development of dermato-cosmetic products // Medicine and Materials. 2023, N. 1. V. 3. P. 31…36.

10. *Abelan U.S., AC de Oliveira, ÉSP Cacoci.* Potential use of essential oils in cosmetic and dermatological hair products: A review // Journal of cosmetic dermatology. 2022. N. 4. V. 21. P. 1407…1418.

11. *Lipina A.A., Petrova L.S., Petrushina V.Yu. etc.* Development of microencapsulated protein-based preparations for antibacterial fabric finishing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. N. 4 (412). P. 147…156.

12. *Odintsova O.I., Petrova L.S., Kozlova O.V.* Microcapsulation of biologically active substances and their use for the functionalization of textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018. N. 4. P. 85…89.

13. *Petrova L.S., Kozlova O.V., Vladimirtseva E.L. etc.* Development of multifunctional coating of textile materials using silver microencapsulated compositions // Coatings. 2021, N. 2. V. 11. P. 159.

14. *Reginatto P., Donato R.K., Donato K.Z. etc.* Poly (diallyldimethylammonium chloride) in antimicrobial and functional Interfaces: A comprehensive review // European Polymer Journal. 2025. P. 114386.

15. *Gharby S., Charrouf Z.*Argan oil: chemical composition, extraction process, and quality control // Frontiers in nutrition. 2022. V. 8. P. 804587.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов ИГХТУ. Поступила 06.04.26.