

## ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 615.454:004.9

3.4.1 Промышленная фармация и технология получения лекарств

DOI: 10.37903/vsgma.2025.3.20 EDN: MCTELU

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ ВЫБОРЕ ГЕЛЕВОЙ ОСНОВЫ  
ДЛЯ РАЗРАБОКИ ГЕЛЯ МЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ**© **Жилякова Е.Т., Алхамви О.***Белгородский государственный национальный исследовательский университет, кафедра  
фармацевтической технологии, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85**Резюме*

**Цель.** Исследование направлено на оценку возможности применения системы экспертных оценок при выборе гелевой основы для разработки геля местного действия, что позволит принимать обоснованные и оптимальные решения среди большого числа вспомогательных веществ – кандидатов на основе ряда критериев.

**Методика.** Применялся метод аналитического иерархического процесса, который помогает в принятии решений через структурированную оценку элементов проблемы. Субъективные мнения экспертов конвертировались в весовые коэффициенты для каждой альтернативы, что позволило установить приоритеты на основе критериев, таких как намазываемость, кроющая способность и изменение вязкости гелей.

**Результаты.** Анализ показал, что гель на основе гидроксипропилметилцеллюлозы (ГПМЦ) в концентрации 1,5% обладает лучшей намазываемостью, что обеспечивает равномерное распределение на коже. Гель на основе карбопола в концентрации 1,5% продемонстрировал наибольшую кроющую способность, а гели с натриевой карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ-NA) в концентрациях 3,5-4-4,5% показали наибольшую стабильность вязкости.

**Заключение.** Результаты исследования показывают, что гель на основе карбопола в концентрации 1,5% и гель ГПМЦ в концентрации 2% являются наилучшими для разработки топических препаратов. Применение системы экспертных оценок и метода АНР позволило существенно оптимизировать процесс выбора гелевых основ, обеспечивая точность и эффективность принятия решений.

**Ключевые слова:** система экспертной оценки, аналитический иерархический процесс, гелевые основы, гидроксипропилметилцеллюлоза, карбопол, карбоксиметилцеллюлоза, намазываемость, кроющая способность, вязкость

**APPLICATION OF THE EXPERT EVALUATION SYSTEM IN CHOOSING A GEL BASE  
FOR THE DEVELOPMENT OF A TOPICAL GEL****Zhilyakova E.T., Alhamwi O.***Belgorod State National Research University, Department of Pharmaceutical Technology, 85, Pobedy St., 308015,  
Belgorod, Russia**Abstract*

**Objective.** The study aims to assess the application of an expert evaluation system in choosing a gel base for the development of a topical gel. This system allows for efficient analysis of various bases and optimization of their selection based on several criteria.

**Methods.** The Analytic Hierarchy Process (AHP) method was applied, which aids in decision-making through a structured evaluation of the problem's elements. Expert opinions were converted into weight

coefficients for each alternative, allowing the establishment of priorities based on criteria such as spreadability, covering ability, and viscosity change in gels.

**Results.** The analysis showed that a gel based on hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) at a 1.5% concentration demonstrated the best spreadability, ensuring uniform distribution on the skin. A gel based on carbopol at a 1.5% concentration exhibited the highest covering ability, while gels with sodium carboxymethyl cellulose (CMC-Na) at concentrations of 3.5-4.5% showed the greatest viscosity stability.

**Conclusion.** The results indicate that a carbopol gel at a 1.5% concentration and an HPMC gel at a 2% concentration are the best options for developing topical formulations. The use of the expert evaluation system and the AHP method significantly optimized the process of selecting gel bases, ensuring precision and decision-making efficiency.

**Keywords:** expert evaluation system, Analytic Hierarchy Process, gel bases, hydroxypropyl methylcellulose, carbopol, carboxymethyl cellulose, spreadability, covering ability, viscosity

## Введение

Алгоритм разработки новых составов и технологий лекарственных препаратов представляет собой длительный и трудоемкий процесс, поэтому применение в разработке подходов, связанных с системами принятия экспертных решений, использование информационных технологий и цифровых методов является перспективным и своевременным. Цифровые методы, внедряемые в фармацевтическую разработку, позволяют оптимизировать процесс, сделать разработку более объективной и значительно сокращать время создания и изучения составов новых лекарственных препаратов. В работе представлены данные по разработке оптимальной гелевой основы для создания лекарственного препарата, используемого при лечении заболеваний кожи, в том числе и грибковых. Учитывая тот факт, что создание лекарственных препаратов является многофакторным экспериментом, и разработка противогрибковых гелей, в первую очередь, включает выбор основы для него, однако этот процесс затруднен из-за большого количества гелевых основ кандидатов, используемых в фармации. Поэтому использование современных технологий является необходимостью для поиска оптимального варианта. Применение системы экспертных оценок в форме Саати позволяют снизить количество экспериментальных образцов и обосновано выбранных критериев рассчитать теоретически наиболее оптимальный состав лекарственных препаратов. Система экспертных оценок – это методология, используемая для оценки качества, достоверности или значимости информации, проектов или предложений, основанная на мнениях и знаниях специалистов (экспертов) в определенной области. Экспертная оценка является важным инструментом для принятия сложных решений, определение состава, обеспечивая профессиональный анализ и экспертное мнение для принятия обоснованного решения. За счет использования экспертных систем в разработке фармацевтических продуктов удастся повысить эффективность и точность прогнозирования, сократить время и затраты на исследования и тестирование, а также улучшить качество и безопасность конечных продуктов. Экспертная система способна обрабатывать большие объемы информации, проводить сложный анализ данных и предоставлять ценные рекомендации на основе актуальных знаний и опыта специалистов в области фармацевтики. В работе представлен процесс выбора основы геля из четырех пролонгаторов-загустителей: гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ), карбоксиметилцеллюлоза (Na Кмц), карбопол, натрия альгинат). В качестве критериев установлены свойства вязкоупругих систем: намазываемость, кроющая способность, изменения вязкости в зависимости от скорости сдвига и времени. В качестве экспертов выступали сотрудники института фармации, химии и биологии.

Цель исследования – оценка возможности применения системы экспертных оценок при выборе гелевой основы для разработки геля местного действия, что позволит принимать обоснованные и оптимальные решения среди большого числа вспомогательных веществ – кандидатов.

## Методика

Аналитический иерархический процесс (АНР) – это структурированный подход, облегчающий принятие решений в сложных сценариях. Он упрощает процесс принятия решений, разбивая проблему на ее весомости и приоритеты, и организуя эти элементы иерархически. С помощью АНР субъективным оценкам важности каждого элемента присваиваются веса, что позволяет

синтезировать эти входные данные для определения относительных приоритетов переменных. Этот метод помогает решать сложные проблемы, устанавливая четкую иерархию критериев и результатов, включая различные соображения для определения весов и приоритетов.

В данном исследовании метод аналитического иерархического процесса (АИП) использован для выбора гелевой основы на основании мнений специалистов в области фармацевтической технологии. Такой подход позволил заранее оценить большое количество возможных вариантов с учётом трёх ключевых критериев – намазываемости, кроющей способности и изменения вязкости. Преимущество метода в том, что он позволяет систематизировать экспертные оценки и перевести их в количественные показатели, что сокращает необходимость в проведении большого числа лабораторных испытаний.

Дополнительным преимуществом метода АИП является то, что каждый этап принятия решения фиксируется и может быть проанализирован или пересчитан при необходимости. Это особенно важно в фармацевтической разработке, где необходима высокая степень воспроизводимости и прослеживаемости результатов. Кроме того, метод позволяет учитывать противоречивые мнения экспертов и выявлять наиболее согласованные оценки, что затруднительно при использовании простых эмпирических подходов.

Применение АИП особенно целесообразно на этапах предварительного отбора, где число альтернатив и критериев оценки велико, а возможности проведения всех экспериментальных испытаний ограничены ресурсами. Это делает метод ценным инструментом для оптимизации научно-исследовательского процесса. Несмотря на широкое применение АИП в технических и экономических науках, его использование на ранних этапах фармацевтической разработки, таких как выбор вспомогательных веществ, описано в литературе ограничено. Иерархическое представление процедуры выбора альтернатив изображено на рис. 1.

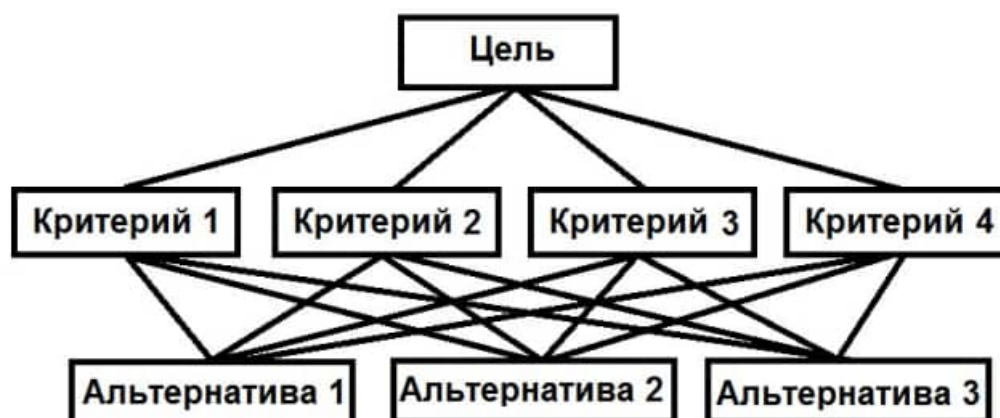


Рис. 1. Иерархическое представление процедуры выбора альтернатив [1]

Необходимые расчеты всех характеристик были проведены с учетом доминанты вычисления – создания гелевых композиций с подходящими свойствами. По результатам экспертных оценок заполнялась матрица парных сравнений, представленная в рис. 2.

	$A_1$	$A_2$	...	$A_n$
$A_1$	1	$a_{12}$		$a_{1n}$
$A_2$	$a_{21}$	1		$a_{2n}$
...			...	
$A_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$		1

$A_1, A_2, \dots, A_n$  - основные факторы, определяющие состав объекта  
 $a_{ij} = w_i / w_j$   
 $a_{ij} = 1 / a_{ji}$   
 $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$

Рис. 2. Структура матрицы парных сравнений

Чтобы получить полезную шкалу при сравнении двух элементов, важно понимать общую цель. При составлении шкалы сравнительной значимости попарно по Саати используется эталонный справочник, приведенный в табл. 1.

Таблица 1. Шкала суждений и количественных значений их силы в методе Саати

№п/п	Суждение (высказывание)	Значение силы (т)
1	Сравнимы	1
2	Промежуточное превосходство между «Сравнимы» и «Превосходит»	2
3	Превосходит	3
4	Промежуточное превосходство между «Превосходит» и «Значительно превосходит»	4
5	Значительно превосходит	5
6	Промежуточное превосходство между «Значительно превосходит» и «Существенно превосходит»	6
7	Существенно превосходит	7
8	Промежуточное превосходство между «Существенно превосходит» и «Абсолютное превосходство»	8
9	Абсолютное превосходство	9

## Результаты исследования

Для проведения исследований по созданию геля местного применения были использованы компьютерные методы подбора состава гелевой основы с использованием метода иерархического анализа. Поэтому при разработке составов с использованием данного метода необходимо было определить критерии гелевой основы. По данным монографий различных фармакопей (Британская и Американская фармакопея) определены следующие критерии: 1) намазываемость – это реологическое свойство геля, определяющее способность к равномерному распределению на коже и слизистых оболочках; 2) кроющая способность – это показатель, характеризующий однородность покрытия, а также легкость его нанесения; 3) изменение вязкости в зависимости от скорости сдвига и времени

Изучение этого критерия показывает, в какой степени гелевая основа способна восстанавливать свою первоначальную эластичную текстуру после извлечения из упаковки и деформации во время нанесения, что свидетельствует о равномерном распределении геля по коже. Сравнение критериев и интегральные весомости представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнения критериев для выбора гелевых основ

№	Критерии	Намазываемость	Кроющая способность	Изменение вязкости	Весомости
1	Намазываемость	1	2	0,50	0,89
2	Кроющая способность	0,50	1	0,33	0,49
3	Изменение вязкости	2	3	1	1,61

В таблице 3 представлены данные по критерию намазываемости, полученные путем сравнения гелей, изготовленных из следующих полимеров (ГПМЦ, кмц-NA, карбопол, альгинат натрия) и при нескольких концентрациях каждого полимера.

Далее проводили изучение кроющей способности всех выше определенных гелеобразователей. В таблице 4 представлены результаты сравнения их с позиций критерия 2 – кроющая способность.

Затем были изучены изменения вязкости всех выше определенных гелеобразователей в зависимости от скорости сдвига и времени, а результаты были выражены путем создания петли гистерезиса для каждого геля. В табл. 5 приведены результаты сравнения гелевых основ с точки зрения критерия 3.

Далее вычисляли интегральные весомости с учетом всех используемых критериев сравниваемых гелевых основ, и их значения приведены в табл. 6.

Таблица 3. Сравнение гелеобразователей с точки зрения критерия «Намазываемость»

Намазываемость		ГПМЦ %				Карбопол %				Альгинат-NA %				КМЦ-NA %				Весомости
		1,5	1,75	2	2,5	1	1,25	1,5	2	2	2,5	3	3,5	3	3,5	4	4,5	
ГПМЦ %	1,5	1	1	1	2	1	1	2	4	2	3	4	5	2	2	2	3	1,749674
	1,75	1	1	1	2	1	1	2	4	1	3	4	4	1	2	2	3	1,585961
	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	3	4	1	1	1	2	1,223981
	2,5	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	1	0,922101
Карбопол %	1	1	1	1	2	1	1	2	4	1	3	4	5	1	2	2	3	1,605961
	1,25	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	3	4	1	1	1	2	1,223981
	1,5	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	1	0,922101
	2	0,25	0,25	0,3	0,5	0,25	0,3	1	1	0,3	0,5	1	1	0,3	0,5	0,5	1	0,448937
Альгинат-NA %	2	0,5	1	1	1	1	1	1	3	1	2	3	4	1	1	1	2	1,1706
	2,5	0,3	0,3	0,5	1	0,3	0,5	1	2	0,5	1	2	3	0,5	1	1	1	0,722954
	3	0,25	0,25	0,3	0,5	0,25	0,3	0,5	1	0,3	0,5	1	1	0,3	0,3	0,5	1	0,411191
	3,5	0,2	0,25	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3	1	0,25	0,3	1	1	0,25	0,3	0,3	0,5	0,321117
КМЦ-NA %	3	0,5	1	1	1	1	1	1	3	1	2	3	4	1	1	1	2	1,1706
	3,5	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1	2	1	1	3	3	1	1	1	1	0,947742
	4	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	1	0,922101
	4,5	0,3	0,3	0,5	1	0,3	0,5	1	1	0,5	1	1	2	0,5	1	1	1	0,650997

Таблица 4. Сравнение гелеобразователей с точки зрения критерия «кроющая способность»

Кроющая способность		ГПМЦ %				Карбопол %				Альгинат-NA %				КМЦ-NA %				Весомости
		1,5	1,75	2	2,5	1	1,25	1,5	2	2	2,5	3	3,5	3	3,5	4	4,5	
ГПМЦ %	1,5	1	1	0,3	0,25	0,25	0,3	0,14	0,25	0,5	0,5	0,3	1	1	1	0,5	0,3	0,37041
	1,75	1	1	0,5	0,3	0,3	0,3	0,16	0,3	1	1	0,5	2	1	2	1	0,5	0,532378
	2	3	2	1	1	1	1	0,25	1	2	2	1	4	3	4	1	1	1,160671
	2,5	4	3	1	1	1	1	0,25	1	2	2	2	4	3	4	2	1	1,315172
Карбопол %	1	4	3	1	1	1	1	0,3	1	2	2	2	4	3	4	2	1	1,332195
	1,25	3	3	1	1	1	1	0,25	1	2	2	1	4	3	4	2	1	1,238731
	1,5	7	6	4	4	3	1	1	4	5	5	5	7	6	7	5	4	3,399084
	2	4	3	1	1	1	1	1	1	2	2	1	4	3	4	2	1	1,41575
Альгинат NA %	2	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	1	1	1	3	1	2	1	0,5	0,662285
	2,5	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	1	1	1	3	2	3	1	1	0,745442
	3	3	2	1	0,5	0,5	1	0,2	1	1	1	1	3	2	3	1	1	0,916983
	3,5	1	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,14	0,25	0,3	0,3	0,3	1	0,5	1	0,3	0,25	0,29929
КМЦ-NA %	3	1	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,16	0,3	1	0,5	0,5	2	1	1	0,5	0,5	0,454315
	3,5	1	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,14	0,25	0,5	0,3	0,3	1	1	1	0,5	0,3	0,333671
	4	2	1	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	1	1	1	3	2	2	1	1	0,757794
	4,5	3	2	1	1	1	1	0,25	1	2	1	1	4	2	3	1	1	1,065829

## Обсуждение результатов исследования

Результаты исследования демонстрируют значимость каждого критерия при выборе гелевой основы. Как видно из табл. 2, интегральная весомость критерия изменения вязкости превышает весомости остальных критериев. Изменения вязкости определяет реологические свойства любого препарата. Она влияет на стабильность состава и правильное распределение активных веществ. Если вязкость препарата изменяется, это может привести к снижению его эффективности, так как нарушается однородность распределения по коже, что влияет на дозировку и продолжительность действия. Поэтому изменения вязкости считается наиболее важным критерием, поскольку она задает основу для других характеристик.

Намазываемость препарата играет важную роль с точки зрения удобства его использования. Чем легче препарат распределяется по коже, тем выше вероятность того, что пациент будет следовать курсу лечения. Если препарат сложно наносить, это может стать препятствием для его регулярного использования, что снизит общую эффективность терапии. Хорошая намазываемость также способствует равномерному распределению активных компонентов, что является важным для терапевтического эффекта. Кроющая способность, хотя и важна для создания защитного барьера на коже, имеет меньшее значение по сравнению с вязкостью и намазываемостью. Этот параметр в основном влияет на эстетические и защитные свойства препарата, что может быть важно для некоторых видов лечения, но если препарат имеет неправильную вязкость или его трудно наносить, то хорошая кроющая способность не будет играть существенной роли.

Таблица 5. Сравнение гелеобразователей с точки зрения критерия «изменение вязкости в зависимости от скорости сдвига и времени»

Изменение вязкости	ГПМЦ %				Карбопол %				Альгинат-NA %				КМЦ-NA %				Весомости
	1,5	1,75	2	2,5	1	1,25	1,5	2	2	2,5	3	3,5	3	3,5	4	4,5	
ГПМЦ %	1,5	1	2	0,3	1	1	2	0,3	0,3	0,5	3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,540418
	1,75	0,5	1	0,25	0,5	0,5	1	0,25	0,25	0,3	2	0,3	0,25	0,3	0,25	0,25	0,348351
	2	3	4	1	3	3	4	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1,536844
	2,5	1	2	0,3	1	1	2	0,3	0,3	0,5	3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,540418
Карбопол %	1	1	2	0,3	1	1	2	0,3	0,3	0,5	3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,540418
	1,25	0,5	1	0,25	0,5	0,5	1	0,25	0,25	0,3	2	0,3	0,25	0,3	0,25	0,25	0,348351
	1,5	3	4	1	3	3	1	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1,466255
	2	3	4	1	3	3	4	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1,536844
Альгинат-NA %	2	2	3	0,5	2	2	3	0,5	0,5	1	4	1	0,5	2	0,5	0,5	0,927618
	2,5	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5	0,2	0,2	0,25	1	0,25	0,2	0,3	0,2	0,2	0,249604
	3	2	3	0,5	2	2	3	0,5	0,5	1	4	1	0,5	2	0,5	0,5	0,927618
	3,5	3	4	1	3	3	4	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1,536844
КМЦ-NA %	3	2	3	0,5	2	2	3	0,5	0,5	0,5	3	0,5	0,5	1	0,3	0,3	0,767438
	3,5	3	4	1	3	3	4	1	1	2	5	2	1	3	1	1	1,57766
	4	3	4	1	3	3	4	1	1	2	5	2	1	3	1	1	1,57766
	4,5	3	4	1	3	3	4	1	1	2	5	2	1	3	1	1	1,57766

Из данных приведенных в табл. 3, становится очевидным, что при увеличении концентрации гелевых основ, способность препарата к равномерному распространению по коже уменьшается. После сравнения всех интегральных значений намазываемости было установлено, что предпочтение следует отдать 1,5% гелю ГПМЦ. Хорошая намазываемость важно для фармацевтических препаратов, где равномерное распределение обеспечивает более эффективное проникновение активных компонентов в кожу и их терапевтическое воздействие.

Таблица 6. Интегральные весомости всех гелевых основ с учетом всех критериев

Полимеры	Концентрации	Намазываемость	Кроющая способность	Изменение вязкости	Весомости	Рейтинг
ГПМЦ %	1,5	1,55720986	0,1815009	0,87007298	2,60878374	11
	1,75	1,41150529	0,26086522	0,56084511	2,23321562	12
	2	1,08934309	0,56872879	2,47431884	4,13239072	2
	2,5	0,82066989	0,64443428	0,87007298	2,33517715	9
Карбопол %	1	1,42930529	0,65277555	0,87007298	2,95215382	3
	1,25	1,08934309	0,60697819	0,56084511	2,25716639	8
	1,5	0,82066989	1,66555116	2,36067055	4,8468916	1
	2	0,39955393	0,6937175	2,47431884	3,56759027	4
Альгинат-NA %	2	1,041834	0,32451965	1,49346498	2,85981863	10
	2,5	0,64342906	0,36526658	0,40186244	1,41055808	16
	3	0,36595999	0,44932167	1,49346498	2,30874664	14
	3,5	0,28579413	0,1466521	2,47431884	2,90676507	15
КМЦ-NA %	3	1,041834	0,22261435	1,23557518	2,50002353	13
	3,5	0,84349038	0,16349879	2,5400326	3,54702177	7
	4	0,82066989	0,37131906	2,5400326	3,73202155	6
	4,5	0,57938733	0,52225621	2,5400326	3,64167614	5

Согласно данным табл. 4, карбопол в концентрации 1,5% является наиболее предпочтительным гелем с точки зрения кроющей способности. Это свойство важно, так как оно влияет на продолжительность удержания активных компонентов препарата на коже, обеспечивая их постоянное воздействие на поврежденные или воспаленные участки. Это особенно важно для фармацевтических препаратов, направленных на лечение кожных заболеваний или для профилактики их обострения. За счет создания устойчивого барьера гель способствует улучшению регенерации тканей, что ускоряет заживление и снижает риск осложнений. Из табл. 5 видно, что с точки зрения критерия 3 наибольшее предпочтение отдается гелям На кмц с концентрациями (3,5%-4%-4,5%), поскольку они обладают способностью хорошо возвращаться к исходной вязкости. Это облегчает их извлечение из упаковок, и пациент может правильно нанести их на кожу. Из табл. 6 видно, что наибольшие значения обусловлены весомости геля ГПМЦ в концентрации 2% и геля карбопол в концентрации 1,5%, которым следует отдавать предпочтение с учетом всех критериев. Этот гель ГПМЦ с концентрацией 2% обладает отличной намазываемостью и хорошей кроющей способностью и быстро возвращается к своей

первоначальной вязкости, а гель карбопол с концентрацией 1,5% обладает хорошей намазываемостью и отличной кроющей способностью, а также способностью возвращаться к своей первоначальной вязкости. Эти реологические свойства гелей ГПМЦ 2% и Карбопола 1,5% делают их кандидатами для разработки будущих рецептур, способствующих лечению грибковых заболеваний.

## Заключение

Результаты показали, что каждый тип гелевой основы обладает уникальными преимуществами. Гель на основе ГПМЦ в концентрации 1,5% продемонстрировал наилучшую намазываемость, что обеспечивает равномерное распределение по коже. Карбопол в концентрации 1,5% оказался наиболее предпочтительным с точки зрения кроющей способности, благодаря своей однородности и легкости нанесения. В то же время гели на основе КМЦ-НА в концентрациях 3,5-4-4,5% показали наибольшую способность к восстановлению первоначальной текстуры после деформации. Исходя из проведенного анализа и системы экспертной оценки, было установлено, что карбопол в концентрации 1,5% и ГПМЦ в концентрации 2% являются наилучшими вариантами для разработки топических гелей. Эти выводы, основанные на применении системы экспертной оценки и аналитического иерархического процесса (АИР), подчеркивают эффективность сочетания компьютерных методов с традиционными знаниями для оптимизации фармацевтических формул.

## Литература (references)

1. Жилиякова Е.Т. Инновационная разработка комбинированных глазных капель на базе информационных технологий: Дис. ... докт. фарм. наук. – Белгород: Белгородский государственный университет, 2009. – 291 с. [Zhilyakova E.T. *Innovacionnaja razrabotka kombinirivannyh glaznyh kapel' na baze informacionnyh tehnologij*. Innovative Development of Combined Eye Drops Based on Information Technologies (Doctoral Thesis). – Belgorod: Belgorod State University, 2009. – 291 p. (in Russian)]
2. Amin, S., Carrington, S. Expert system rheometry // *Materials Today*. – 2009. – V.12. – P. 44-46.
3. Baskakova A.V., Zhilyakova E.T., Malyutina A.Y., Avtina N.V., Radyukova V.I., Kozubova L.A. Application of Parameters and Requirements for the Expert Systems Assessment in Nano Fiber Based Pharmaceutical Technology // *Journal of Nanostructures*. – 2021. – V.11. – P. 470-479.
4. Chamkouri H. A Review of Hydrogels Their Properties and Applications in Medicine // *American Journal of Biomedical Science & Research*. – 2021. – V.11. – P. 485-493.
5. Elena. Zhilyakova O., Savin A., Baskakova N., Avtina N. The expert evaluation systems in drug development // *BIO Web Conf*. – 2021. – V.30. – P. 03006.
6. Gunde M.C., Shetty V.S., Naha A. et al. Quality by Design Driven Development of Topical Gel Encompassing Papain and Bromelain to Elicit Wound Healing // *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*. – 2023. – V.57, N2s. – P. S223-S233.
7. Irwan D., Yenny S. The Implementation of Computer Adaptive Test (CAT) Using Expert System to Test Student Competencies in Higher Education // *Proceedings of the 3rd International Conference on Educational Development and Quality Assurance (ICED-QA 2020)*. – 2023. – P. 29.
8. Liebowitz J. (Ed.) *The Handbook of Applied Expert Systems*. – 1st ed. – Boca Raton: CRC Press, 1997. – 736 p.
9. Ramalia N.P., Putri I.Y.D.W.S.G.D.O. The Application of Computer Adaptive Test Using Expert System in E-Learning // *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. – 2021. – V.25, N6. – P. 5962-5974.
10. Zuraidi S., Rahman A., Akasah Z. A Study of using AHP Method to Evaluate the Criteria and Attribute of Defects in Heritage Building // *E3S Web of Conferences*. – 2018. – V.65. – P. 01002.

## Информация об авторах

Жилиякова Елена Теодоровна – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующая кафедрой фармацевтической технологии ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». Email: EZhilyakova@bsu.edu.ru

Алхамви Ола – аспирант кафедры фармацевтической технологии ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». Email: Olaalhamwi6@gmail.com

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 14.02.2025

Принята к печати 25.09.2025