

## ХИМИЯ

УДК 541.182.6:665.587.3

DOI 10.55421/3034-4689\_2026\_29\_4\_5

А. Р. Гатауллин, Л. Ф. Шакирова, С. А. Богданова

**КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ  
АНТИСЕПТИЧЕСКИХ ГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ КАРБОМЕРОВ В ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРАХ**

*Ключевые слова:* карбомеры, антисептический гель, водно-спиртовые растворы, набухание полимеров, золь-гель переход, вязкость, увлажнение кожи.

*В работе исследованы коллоидно-химические закономерности набухания и гелеобразования редкосшитых полимеров полиакриловой кислоты (карбомеров) в водно-спиртовых растворах этанола и изопропанола (70 % мас.). Равновесные степени набухания карбомеров торговых марок 140, 141, 341, 341ER и 750HD определены гравиметрическим методом. Установлено, что максимальная степень набухания возрастает с увеличением молекулярной массы между сшивками полимерной сетки и достигает наибольших значений для карбомера 750HD. Показано, что замена изопропанола на этанол в составе 70 % водно-спиртовой среды приводит к увеличению равновесной степени набухания карбомеров. Изучено влияние концентрации триэтаноламина на золь-гель переход карбомера 750HD. Установлено, что массовое соотношение триэтаноламина к карбомеру, обеспечивающее максимальное набухание, равняется 2,5:1. Исследована концентрационная зависимость вязкости гелевых систем; показано, что при содержании карбомера выше 0,8 % мас. наблюдается снижение вязкости, обусловленное экранированием зарядов и частичной агрегацией макромолекулярных клубков в водно-спиртовой среде. На основе результатов исследования разработаны рецептуры антисептических гелей с этиловым и изопропиловым спиртами. Определены их реологические характеристики, pH, влияние на увлажнение кожи и антимикробная активность. Сравнительный анализ увлажняющего действия гелей показал, что разработанные композиции не уступают промышленным аналогам, и даже превосходят их. Установлено соответствие разработанных композиций требованиям ГОСТ 31695-2012 «Гели косметические. Общие технические условия». В агаровой питательной среде, содержащей 1 % мас. гелей, рост колоний микроорганизмов не наблюдался.*

A. R. Gataullin, L. F. Shakirova, S. A. Bogdanova

**COLLOID-CHEMICAL REGULARITIES GOVERNING THE FORMATION  
OF CARBOMER-BASED ANTISEPTIC GELS IN WATER-ALCOHOL SOLUTIONS**

*Keywords:* carbomers, antiseptic gel, hydroalcoholic solutions, polymer swelling, sol-gel transition, viscosity, skin hydration.

*The colloid-chemical regularities of swelling and gelation of lightly cross-linked poly(acrylic acid) polymers (carbomers) in hydroalcoholic solutions of ethanol and isopropanol (70 wt. %) were investigated. The equilibrium swelling degrees of Carbomers 140, 141, 341, 341ER, and 750HD were determined by a gravimetric method. It was established that the maximum swelling degree increases with increasing molecular weight between crosslinks of the polymer network and reaches its highest value for Carbomer 750HD. It has been shown that replacing isopropanol with ethanol in a 70 wt. % water- alcohol medium leads to an increase in the equilibrium swelling degree of carbomers. The influence of triethanolamine concentration on the sol-gel transition and the degree of ionization of the carboxyl groups of Carbomer 750HD was studied. The optimal mass ratio of triethanolamine to carbomer providing the formation of a spatially interconnected polymer network was determined to be 2.5:1. The concentration dependence of the viscosity of gel systems was investigated. At carbomer contents above 0.8 wt. %, a decrease in viscosity was observed, which is attributed to charge screening effects and partial aggregation of macromolecular coils in the hydroalcoholic medium. A comparative analysis of the composition and consumer properties of five commercially available hand antiseptic gels within the same price segment was carried out. Based on the obtained results, formulations of antiseptic gels containing ethyl and isopropyl alcohols were developed. Their rheological characteristics, pH, effects on skin hydration, and antimicrobial activity were determined. The developed compositions were shown to comply with the requirements of GOST 31695-2012 "Cosmetic gels. General specifications". No microbial colony growth was observed in an agar nutrient medium containing 1 wt. % of the gels.*

**Введение**

Профилактика инфекционных заболеваний и обеспечение надлежащей гигиены рук в последние годы приобрели особую научную и практическую значимость. Контактный путь передачи патогенных микроорганизмов рассматривается как один из ключевых факторов распространения бактериальных и вирусных инфекций, что подтверждено как клиническими, так и эпидемиологическими исследованиями [1, 2]. Антисептики на основе этилового и изо-

пропилового спиртов демонстрируют высокую эффективность в отношении бактерий и вирусов, однако многочисленные работы показывают, что регулярное применение таких средств может приводить к обезвоживанию рогового слоя, нарушению кожного барьера и изменению состава микробиома кожи [3, 4]. В этой связи особый интерес представляют антисептические гели, которые за счет полимерной матрицы обеспечивают пролонгированное действие и лучшее распределение активного вещества по поверхности кожи, более мягкое воздействие на кожу

по сравнению с жидкими средствами на основе водно-спиртовых растворов [5-8]. В качестве синтетических гелеобразователей широкое применение при получении гелевых систем, включая антисептические гели, находят редкосшитые полимеры полиакриловой кислоты (карбомеры) [9-11].

В работе [12] исследован процесс гелеобразования карбомеров 974 и 980 в спирто-водных растворах (50-80 % мас.). Авторы выявили, что критическая концентрация спирта, при которой карбомеры в дисперсиях начинают осаждаться, зависит от природы спирта (этанол или изопропанол) и нейтрализующего агента (триэтанолламин или аминометилпропанол). Показано, что прозрачные антисептические гели с содержанием спирта 80% мас. с хорошими реологическими свойствами могут быть получены при использовании карбомера 980 [12].

В статье [13] исследованы реологические свойства гелей на основе карбомера 980, полученных в водно-спиртовых растворах этанола и изопропанола. В работе показано, что устойчивость гелевой структуры и вязкоупругие свойства гелей снижаются с увеличением содержания спирта, причем данный эффект более выражен в присутствии изопропилового спирта, чем этанола [13].

В работе [14] изучены реологические свойства антисептических гелей на основе производных целлюлозы и полисахаридов. Авторами было показано, что при использовании данных гелеобразователей в водно-спиртовых средах (70% мас. этанола) могут быть получены гелевые системы с различной устойчивостью и реологическими свойствами. В другой работе [15] исследование гелеобразующих свойств производных целлюлозы в водно-этанольных средах показало, что для ряда производных существует критическая концентрация спирта, выше которой наблюдается ухудшение реологических свойств гелей.

Из анализа литературы по данной теме можно заключить, что реологические и потребительские свойства антисептических гелей в значительной степени зависят от природы гелеобразователя, определяющей его гелеобразующие свойства при высоком содержании спирта [16]. Вместе с тем, недостаточными остаются данные о закономерностях набухания карбомеров и гелеобразования в водно-спиртовых растворах, влиянии концентрации триэтанолламина на золь-гель переход. Это затрудняет научно обоснованный выбор гелеобразователя и оптимизацию рецептур с учетом антимикробной эффективности, дерматологической безопасности и потребительских свойств продукта.

В связи с этим, целью работы является выявление закономерностей процессов набухания и гелеобразования карбомеров в водно-спиртовых средах для последующей разработки антисептических гелей.

### Экспериментальная часть

В исследовании использованы гелеобразователи на основе сшитой поли(акриловой кислоты) – карбомеры различных торговых марок производства Evonik (Германия): TEGO® Carbomer 140, Carbomer 141, Carbomer 341, Carbomer 341ER и Carbomer

750HD. Указанные марки карбомеров различаются условиями синтеза, используемыми растворителями и сшивающими агентами, степенью сшивки, молекулярной массой между узлами сшивки и вязкостью образующихся гелей [17]. Некоторые характеристики карбомеров приведены в табл. 1 [18, 19].

**Таблица 1 – Характеристики исследуемых карбомеров**

**Table 1 – Characteristics of the studied carbomers**

Гелеобразователь TEGO® Carbomer	Вязкость (0.5% мас.), Па·с	Молекулярная масса между сшивками, М·10 <sup>-4</sup>
140	40-60	10-11
141	4-11	3-4
341	5-10	4
341ER	10-25	8-10
750HD	15-30	10-11

Степень набухания порошков определена гравиметрическим методом [17].

При получении гелевых композиций порошки карбомеров оставлены в водно-спиртовом растворе на сутки для набухания. Затем осуществляли перемешивание на гомогенизаторе ПЭ-8100 при 200 об/мин до гомогенизации системы. Золь-гель переход осуществили введением триэтанолламина (ТЭА).

Вязкость гелевых систем определили на ротационном вискозиметре Brookfield LVDV-II+ при 7,5 с<sup>-1</sup>.

Водно-спиртовые растворы с концентрацией спирта 70 % мас. приготовлены с использованием этанола (ГОСТ 5962-2013) и изопропанола (ГОСТ 9805-84), что соответствует 76,9 % об. и 76,0 % об. соответственно.

Для сравнительного анализа компонентного состава и потребительских свойств было исследовано пять антисептических гелей для рук одного ценового сегмента, представленных на рынке и содержащих этиловый и изопропиловый спирты:

- Антибактериальный гель для рук St. Ritter (ООО «АромаПром», Россия). Состав: спирт изопропиловый (66% об.), карбомер, триэтанолламин, полезные и увлажняющие добавки.
- Гель для рук антисептический Sanvit с витамином Е (ООО «Техносинг», Россия). Состав: спирт изопропиловый (65% об.), полезные и увлажняющие добавки.
- Гель для рук антисептический Charme (Artdesigner International Co., Ltd., Тайвань). Состав: спирт этиловый (75% об.), карбомер, полезные и увлажняющие добавки.
- Гигиенический гель для рук с антибактериальным эффектом Protect Plus (Kunshan Health & Beyond Inc., Китай). Состав: спирт этиловый (62% об.), акрилаты/С10-30 алкил акрилат кроссполимер, аминометилпропанол, полезные и увлажняющие добавки.
- Гель для рук антибактериальный Comforte с алоэ и витамином Е (ООО «АромаПром», Россия). Состав: спирт этиловый (70 % об.), карбомер, триэтанолламин, полезные и увлажняющие добавки.

Для соблюдения принципов научной нейтральности и исключения рекламной интерпретации результатов, образцы антисептических гелей (АГ) обозначены условными индексами АГ<sub>1</sub>-АГ<sub>5</sub>, присвоенными произвольно.

Водородный показатель рН гелевых систем определяли по ГОСТ 29188.2 с помощью рН-метра рН-410.

Для оценки эффективности действия разработанных антисептических гелей измеряли увлажнение, жирность и эластичность кожи ладоней *in vivo* в течение 60 мин с помощью косметического аппарата для диагностики кожи и волос ЕН-900U.

Для оценки антимикробной активности антисептических гелей использовалась стандартная методика культивирования микроорганизмов на плотной питательной среде согласно ГОСТ 26670-91 «Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов» [20]. Подготовка среды осуществлялась путем растворения агар-агара и питательных ингредиентов в дистиллированной воде с последующим разливом и застыванием в стерильных чашках Петри. Посев образцов осуществлялся стерильной ватной палочкой с поверхности дверных ручек и клавиатуры компьютеров на поверхность затвердевшего агара, после чего чашки инкубировали при комнатной температуре в темном месте в течение 7 суток до формирования колоний. Микроскопическое исследование агар-агаровых питательных сред проводилось с помощью микроскопа Levenhuk 500T Pol, снабженного цифровой камерой Levenhuk M1400 Plus.

### Обсуждение результатов

#### Набухание карбомеров в водно-спиртовых растворах

На рис. 1 представлены кривые набухания карбомеров в водно-спиртовых растворах этанола (рис. 1, а) и изопропанола (рис. 1, б). Из рисунка видно, что значения максимальной степени набухания  $\alpha_{\max}$  карбомеров в 70 % мас. водно-спиртовых растворах этанола и изопропанола различаются незначительно. Вероятно, это связано с тем, что при данном содержании воды вклад спиртов в изменение степени диссоциации карбоксильных групп и качества растворителя оказывается сопоставимым. Вместе с этим для всех карбомеров этанол обеспечивает несколько более высокие значения степени набухания, что связано с большей полярностью растворителя и лучшей гидратацией карбоксильных групп полимера [13].

Наибольшей  $\alpha_{\max}$  характеризуется карбомер 750 HD (кривая 1, рис. 1), а наименьшей – карбомер 141 (кривая 5, рис. 1). Из табл. 1 видно, что молекулярная масса между сшивками у карбомеров уменьшается в ряду 750HD = 140 > 341ER > 341 > 141, т.е. в ряду увеличивается плотность сшивки, что объясняет уменьшение  $\alpha_{\max}$  [8, 21, 22].

Переход от золя к гелю осуществлялся добавлением триэтаноламина. Введение в дисперсию карбомера нейтрализующего агента приводит к перехо-

ду кислотных групп карбомера в солевую форму, обладающую более высокой степенью диссоциации.

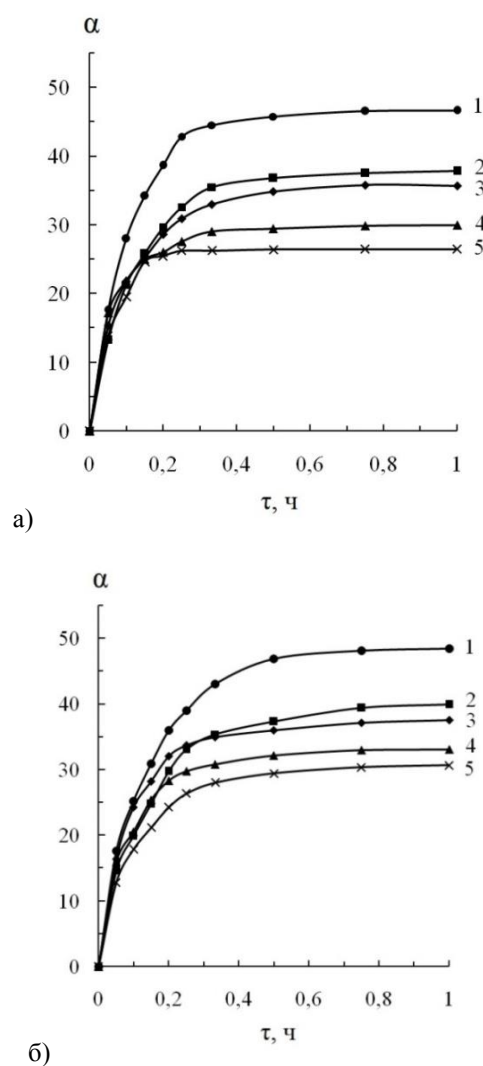


Рис. 1 – Кинетические кривые набухания карбомеров в водно-спиртовых растворах этанола (а) и изопропанола (б): 1 – 750; 2 – 140; 3 – 341ER; 4 – 341; 5 – 141

Fig. 1 – Swelling kinetics of carboxymers in hydroalcoholic solutions of ethanol (a) and isopropanol (b): 1 – 750; 2 – 140; 3 – 341ER; 4 – 341; 5 – 141

При этом макромолекулярный клубок полиакриловой кислоты максимально разворачивается, увеличиваясь в объеме, вязкость возрастает и образуется гель [23]. На рис. 2 показано изменение степени набухания карбомера 750HD в водно-спиртовом растворе изопропанола от концентрации триэтаноламина. Из анализа рисунка следует, что максимальная степень набухания карбомера достигается при  $c_{TEA} = 1,0$  % мас. при содержании карбомера 0,4 % мас., что соответствует массовому соотношению триэтаноламина к карбомеру 750HD 2,5:1. При данных условиях реализуется наибольшая степень нейтрализации карбоксильных групп, обеспечивающая максимальное разворачивание полимерной сетки. В работе [11] показано, что гели проявляют максимальные вязкоупругие свойства и устойчи-

вость гелевой структуры при предельной степени диссоциации карбомеров.

*Разработка антисептических гелей с этиловым и изопропиловым спиртами и исследование их свойств*

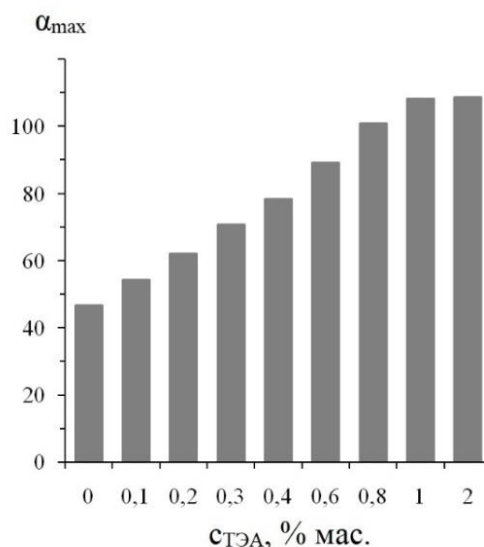
При разработке гелевых композиций с этиловым и изопропиловым спиртами использован карбомер 750HD, т.к. его кривая набухания (рис. 1) характеризуется более высокой скоростью набухания и обладает наибольшей  $\alpha_{\max}$  по сравнению с другими карбомерами, что указывает на его технологичность при получении гелевых систем в спирто-водных средах.

Концентрация карбомера в гелевых системах оказывает существенное влияние на его потребительские свойства – прозрачность, пластичность, легкость нанесения. Для определения необходимой концентрации карбомера мы исследовали влияние его содержания на вязкость гелевых композиций. Состав гелевых композиций был разработан на основе анализа компонентного состава антисептических гелей А<sub>1</sub>-А<sub>5</sub> с учетом антисептического и выраженного увлажняющего действия ингредиентов косметических средств. В табл. 2 приведена рецептура антисептического геля с этиловым и изопропиловым спиртами с варьируемым содержанием карбомера (0,1-2,0 % мас.) и триэтаноламина (0,2-5,0 % мас.). Соотношение содержания ТЭА к карбомеру было равным 2,5:1. Помимо базовой гелеобразующей системы (карбомер – триэтаноламин) и спирта, в состав композиции включены функциональные дерматологически активные компоненты. Глицерин (5 %) введен в качестве гумектанта для компенсации дегидратирующего действия спирта и снижения трансэпидермальной потери воды. Пантенол (2 %) способствует восстановлению барьерной функции кожи и уменьшению раздражающего эффекта спиртов. Токоферол (0,5 %) выполняет функцию антиоксиданта, защищающего липидные структуры эпидермиса. Экстракты центеллы азиатской (*Centella asiatica*) и розмарина (*Rosmarinus officinalis*) введены как фитоконпоненты с регенерирующим, противовоспалительным и дополнительным антимикробным действием. Выбор данных ингредиентов согласуется с опубликованными дерматологическими и косметологическими исследованиями [24-26].

Результаты исследования влияния содержания карбомера 750HD на вязкость гелевых композиций приведены в табл. 3. Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о наличии выраженной концентрационной зависимости вязкости гелевых систем на основе карбомера 750HD в водно-спиртовой среде.

При содержании карбомера менее 0,4 % мас. гелеобразование не наблюдается, и система представляет собой дисперсию с низкой вязкостью. Это обусловлено тем, что при данных концентрациях не достигается критическая объемная доля полимерной сетки, необходимая для формирования пространственно связанного каркаса. Набухшие частицы карбомера существуют преимущественно в виде изолированных макромолекулярных клубков, не

образующих гелевого каркаса. Присутствие 70 % спирта дополнительно ухудшает качество растворителя по отношению к полиакрилатной сетке, снижает степень гидратации карбоксильных групп и уменьшает осмотическое давление набухания, что приводит к повышению порога гелеобразования [27].



**Рис. 2 – Влияние концентрации триэтаноламина на  $\alpha_{\max}$  карбомера 750HD (0,4 % мас.) в водно-спиртовом растворе изопропанола (70 % мас.)**

**Fig. 2 – Effect of triethanolamine concentration on the maximum swelling degree  $\alpha_{\max}$  of Carbomer 750HD (0,4% wt.) in an isopropanol-water solution (70% wt.)**

**Таблица 2 – Рецептура антисептического геля**  
**Table 2 – Formulation of an antiseptic gel**

№ п/п	Состав антисептического геля	Содержание, % мас.
1	Спирт этиловый/ изопропиловый	70
2	Карбомер 750HD	0,1-2,0
3	Глицерин	5,0
4	Триэтаноламин	0,2-5,0
5	Пантенол	2,0
6	Экстракт розмарина	1,0
7	Экстракт центеллы азиатской	1,0
8	Витамин Е	0,5
9	Отдушка	0,3
10	Вода	13,2-19,9

В интервале концентраций 0,4-0,8 % мас. наблюдается резкий рост вязкости, обусловленный достижением концентрации перекрытия набухших микрогелевых доменов карбомера и формированием пространственно связанной структуры. В этом диапазоне реализуются оптимальные условия для гелеобразования, обеспечивающие максимальное разворачивание макромолекулярных цепей и развитие вязкоупругой структуры [11, 27].

Таблица 3 – Вязкость гелевых систем

Table 3 – Viscosity of gel systems

№ п/п	Содержание карбомера 750HD, % мас.	Вязкость $\eta$ , Па·с
1	0,1	$2,3 \cdot 10^{-3}$
2	0,2	$3,9 \cdot 10^{-3}$
3	0,3	$21,4 \cdot 10^{-3}$
4	0,4	6,5
5	0,6	19,0
6	0,8	39,9
7	1,0	0,2
8	2,0	0,1

Дальнейшее увеличение содержания карбомера (> 0,8 % мас.) приводит к неожиданному снижению вязкости гелей. Данный эффект можно объяснить совокупным влиянием нескольких факторов. Во-первых, при сохранении постоянного соотношения триэтаноламина к карбомеру возрастает ионная сила среды, что вызывает экранирование отрицательных зарядов карбоксильных групп и ослабление электростатического отталкивания между цепями. Это приводит к частичному коллапсу макромолекулярных клубков и снижению степени структурирования геля. Во-вторых, в условиях высокой концентрации полимера и присутствия спирта усиливаются процессы агрегации набухших частиц карбомера, сопровождающиеся образованием плотных флоккул и нарушением однородности гелевой сетки. В результате происходит разрушение эффективной пространственной структуры и резкое уменьшение вязкости системы [28].

Анализ органолептических характеристик товарных образцов был проведен с целью определения диапазона реологических характеристик, обеспечивающих приемлемые потребительские свойства антисептических гелей. Установлено, что динамическая вязкость исследованных образцов находится в интервале – 0,6-8,4 Па·с (табл. 4). По результатам органолептической оценки установлено, что гель АГ<sub>5</sub> характеризуется наиболее комфортной консистенцией и легкостью распределения по поверхности кожи, тогда как гель АГ<sub>1</sub> получил положительную, но менее выраженную оценку по данным показателям, что коррелирует с его более низким значением динамической вязкости (табл. 4). На основе полученных данных по концентрационным зависимостям вязкости была разработана итоговая рецептура (табл. 3), в которой содержание карбомера было выбрано равным 0,4 % мас., а триэтаноламина – 1,0 % мас., что обеспечивает вязкость, сопоставимую с товарными образцами, при сохранении стабильности системы.

На рис. 3 представлены результаты увлажняющего действия антисептических гелей на кожу ладоней. Сравнительный анализ увлажняющего действия гелей показывает, что разработанные композиции не уступают промышленным аналогам, а даже превосходят их. Это можно объяснить не только действием гелевой матрицы на основе карбомера на роговой слой, но и наличием в рецептуре эффективных увлажняющих и барьерных компонентов, таких

как глицерин, пантенол, витамин Е и растительные экстракты. Эти вещества действуют как гумектанты и репаранты, усиливая удержание влаги в роговом слое кожи за счет привлечения и связывания молекул воды, а также улучшения барьерной функции эпидермиса. Подобный механизм улучшения увлажнения кожи в карбомерных гидрогелях был описан в работе [29]: в исследованиях гелей на основе карбомеров с увлажняющими добавками наблюдалось существенное увеличение увлажнения по сравнению с базовой гелевой основой и обычными кремами.

Таблица 4 – Вязкость и водородный показатель pH антисептических гелей

Table 4 – Viscosity and pH of antiseptic gels

№ п/п	Антисептические гели	Вязкость $\eta$ , Па·с	pH
1	АГ <sub>1</sub>	2,6	7,0
2	АГ <sub>2</sub>	0,6	7,3
3	АГ <sub>3</sub>	1,1	7,4
4	АГ <sub>4</sub>	8,4	7,2
5	АГ <sub>5</sub>	4,8	7,5

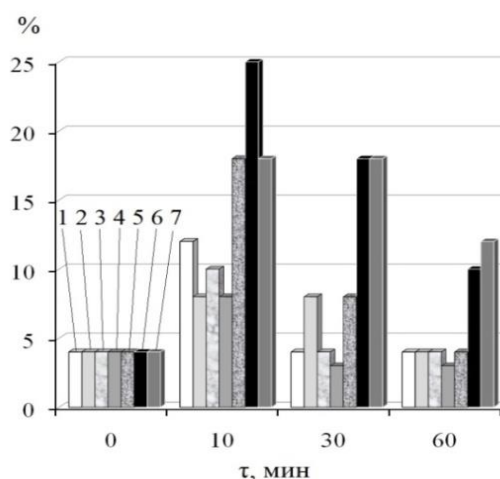


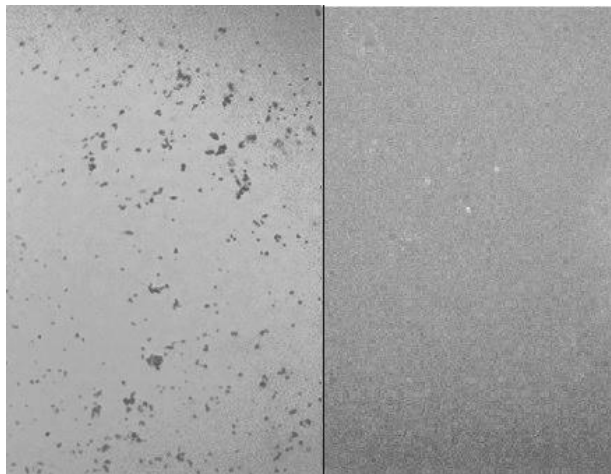
Рис. 3 – Влияние антисептических гелей на увлажнение кожи: 1 – АГ<sub>1</sub>; 2 – АГ<sub>2</sub>; 3 – АГ<sub>3</sub>; 4 – АГ<sub>4</sub>; 5 – АГ<sub>5</sub>; 6 – разработанный антисептический гель с этиловым спиртом; 7 – разработанный антисептический гель с изопропиловым спиртом

Fig. 3 – Effect of antiseptic gel application on skin hydration: 1 – АГ<sub>1</sub>; 2 – АГ<sub>2</sub>; 3 – АГ<sub>3</sub>; 4 – АГ<sub>4</sub>; 5 – АГ<sub>5</sub>; 6 – developed antiseptic gel with ethyl alcohol; 7 – developed antiseptic gel with isopropyl alcohol

Выявлено, что на жирность и эластичность кожи ладоней антисептические гели не влияют. Гели АГ<sub>1</sub>-АГ<sub>5</sub> и разработанные гелевые композиции соответствуют ГОСТ 31695-2012 «Гели косметические. Общие технические условия». Водородный показатель полученных нами гелей равен 7,3, что так же соответствует требованиям стандарта ГОСТ (pH 5,0-9,0) [30].

Главной характеристикой антисептического геля для рук является его активность против микроорганизмов. Для изучения антисептического действия гелей был проведен анализ микрофотографий, полу-

ченных с помощью микроскопа Levenhuk 500T Pol при увеличении в 1000 раз, для качественной оценки присутствия колоний микроорганизмов в агар-агаровой питательной среде. Анализ микрофотографий показал, что введение в агар-агаровую питательную среду 1% мас. разработанных композиций и товарных аналогов препятствует росту колоний микроорганизмов (рис. 4).



**Рис. 4 – Микрофотографии агар-агаровой питательной среды без геля (левая сторона) и с разработанным антисептическим гелем с этиловым спиртом (правая сторона) при увеличении в 1000 раз**

**Fig. 4 – Micrographs of agar-agar nutrient medium without gel (left side) and with developed antiseptic gel with ethyl alcohol (right side) at 1000x magnification**

### Выводы

1. Установлено, что максимальная степень набухания карбомеров в 70 % мас. водно-спиртовых растворах этилового и изопропилового спиртов определяется плотностью сшивки полимерной сетки и возрастает в ряду карбомеров 141 < 341 < 341ER < 140 < 750HD.

2. Показано, что увеличение концентрации триэтаноламина приводит к росту максимальной степени набухания; оптимальное соотношение триэтаноламина к карбомеру 750HD составляет 2,5 : 1.

3. Разработаны рецептуры антисептических гелей на основе карбомера 750HD (0,4 % мас.), обеспечивающие требуемые потребительские свойства и соответствующие нормативным требованиям ГОСТ 31695-2012 «Гели косметические. Общие технические условия».

4. Установлено, что разработанные гелевые композиции с этиловым и изопропиловым спиртами обладают более выраженными увлажняющими свойствами, по сравнению с товарными аналогами. Показана предпочтительность использования этанолсодержащих водно-спиртовых систем, обеспечивающих более высокую степень набухания карбомеров.

5. Показано, что разработанные композиции и товарные аналоги обеспечивают подавление роста микроорганизмов при содержании 1 % мас. геля в агар-агаровой питательной среде.

### Литература

1. J.M. Boyce, D. Pittet, *Infection Control and Hospital Epidemiology*, **23**, S12, S3-S40 (2002). DOI: 10.1086/503164.
2. G. Kampf, A. Kramer, *Clinical microbiology reviews*, **17**, 4, 863-893 (2004). DOI: 10.1128/cmr.17.4.863-893.2004.
3. K.P. Ananthapadman, D.J. Moore, K. Subramanyam, M. Misra, F. Meyer, *Dermatologic therapy*, **17**, S1, 16-25 (2004). DOI: 10.1111/j.1396-0296.2004.04S1002.x.
4. H. Löffler, G. Kampf, *Journal of hospital infection*, **70**, S1, 44-48 (2008). DOI: 10.1016/S0195-6701(08)60019-9.
5. В.А. Абрамов, А.Р. Гатауллин, С.А. Богданова, С.В. Демидов, Р.А. Кемалов, С.Р. Аллаяров, *Химия высоких энергий*, **57**, 6, 460-464 (2023). DOI: 10.31857/S0023119323060013.
6. У.Ю. Аллаярова, Е.Н. Климанова, Т.Е. Сашенкова, В.А. Абрамов, А.Р. Гатауллин, С.А. Богданова, С.В. Демидов, Д.В. Мищенко, С.Р. Аллаяров, *Химия высоких энергий*, **58**, 2, 100-106 (2024). DOI: 10.31857/S0023119324020032.
7. A. Peters, C. Cave, J. Carry, J. Sauser, D. Pittet, *Journal of Hospital Infection*, **123**, 112-118 (2022). DOI: 10.1016/j.jhin.2022.01.019.
8. C. Villa, E. Russo, *Materials*, **14**, 7, Article 1577. DOI: 10.3390/ma14071577.
9. А.Р. Гатауллин, В.А. Абрамов, С.А. Богданова, *Журнал прикладной химии*, **98**, 9-10, 510-522 (2025). DOI: 10.31857/S0044461825080046.
10. A.R. Gataullin, V.A. Abramov, S.A. Bogdanova, *High Energy Chemistry*, **59**, S1, S24-S30 (2025). DOI: 10.1134/S0018143925700481.
11. M.T. Islam, N. Rodriguez-Hornedo, S. Ciotti, C. Ackermann, *Pharmaceutical Research*, **21**, 1192-1199 (2004). DOI: 10.1023/B:PHAM.0000033006.11619.07.
12. A. Berardi, D.R. Perinelli, L. Bisharat, B. Sabbatini, G. Bonacucina, M. Tiboni, G.F. Palmieri, M. Cespi, *International Journal of Pharmaceutics*, **616**, Article 121503 (2022). DOI: 10.1016/j.ijpharm.2022.121503.
13. M. Kolman, C. Smith, D. Chakrabarty, S. Amin, *International Journal of Cosmetic Science*, **43**, 6, 748-763 (2021). DOI: 10.1111/ics.12750.
14. G.B.C. Rodrigues, J. G. de Oliveira Filho, A. Jakelaitis, E.C. da Silva, G.R. Placido, S.M.L. de Oloveria Marcionilio, R.G. Bitencourt, *Research, Society and Development*, **13**, 4, Article e6313445531 (2024). DOI: 10.33448/rsd-v13i4.45531.
15. R. Perinelli, A. Berardi, L. Bisharat, A. Cambriani, R. Ganzetti, G. Bonacucina, M. Cespi, G.F. Palmieri, *International Journal of Pharmaceutics*, **604**, Article 120769 (2021). DOI: 10.1016/j.ijpharm.2021.120769.
16. A.F. Silva, T.A. Wood, D.J.M. Hodgson, *Rheologica Acta*, **61**, 571-581 (2022). DOI: 10.1007/s00397-022-01347-y.
17. А.Р. Гатауллин, С.А. Богданова, В.А. Абрамов, М.С. Жваева, С.В. Демидов, С.Р. Аллаяров, *Химия высоких энергий*, **60**, 1, 41-54 (2026).
18. J.J. Koleng, J.W. McGinity, W.R. Wilber, *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Washington, American Pharmaceutical Association, 2006, 115 с.
19. M.M. Fiume, B. Heldreth, I. Boyer, W.F. Bergfeld, D.V. Belsito, R.A. Hill, C.D. Klaassen, D.C. Liebler, J.G. Marks, R.C. Shank, T.J. Slaga, P.W. Snyder, F.A. Andersen, *International Journal of Toxicology*, **36**, 5, 59-88 (2017). DOI: 10.1177/1091581817707927.
20. ГОСТ 26670-91. *Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов*. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1993. – 8 с.
21. J. Zhang, D. Qu, S. Wang, S. Qi, H. Zuo, *Polymers*, **16**, 14, Article 1990 (2024). DOI: 10.3390/polym16141990.
22. M. Houllberghs, L. Verheyden, F. Voorspoels, C.V. Chandran, K. Duerinckx, S. Radhakrishnan, J.A. Martens, E. Breynaert, *AIChE Journal*, **69**, 2, Article 17911 (2022). DOI: 10.1002/aic.17911.
23. L. Dekic, J. Milinkovic Budincic, D. Stanic, J. Fraj, L. Petrovic, *Pharmaceutics*, **16**, 5, 628 (2024). DOI: 10.3390/pharmaceutics16050628.
24. J.W. Fluhr, R. Darlenski, C. Surber, *British Journal of Dermatology*, **159**, 1, 23-34 (2008). DOI: 10.1111/j.1365-2133.2008.08643.x.

25. J.J. Thiele, S. Ekanayake-Mudiyanselage, *Molecular aspects of medicine*, 28, 5-6, 646-667 (2007). DOI: 10.1016/j.mam.2007.06.001.
  26. G. Nieto, G. Ros, J. Castillo, *Medicines*, 5, 3, 98 (2018). DOI: 10.3390/medicine5030098.
  27. E. Di Giuseppe, F. Corbi, F. Funicello, A. Massmeyer, T.N. Santimano, M. Rosenau, A. Davaille, *Tectonophysics*, 642, 29-45 (2015). DOI: 10.1016/j.tecto.2014.12.005.
  28. M. Subova, Z. Vitkova, E. Cirbusova, I. Eros, M. Konya, *Ceska Slov. Farm.*, 54, 2, 96-99 (2005).
  29. S.G. Lee, S.R. Kim, H.I. Cho, M.H. Kang, D.W. Yeom, S.H. Lee, S. Lee, Y.W. Choi, *Biol Pharm Bull.*, 37, 10, 1674-1682 (2014). DOI: 10.1248/bpb.b14-00458.
  30. ГОСТ 31695-2012. *Гели косметические. Общие технические условия.* – М.: Стандартинформ, 2013. – 10 с.
- References**
1. J.M. Boyce, D. Pittet, *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 23, S12, S3-S40 (2002). DOI: 10.1086/503164.
  2. G. Kampf, A. Kramer, *Clinical microbiology reviews*, 17, 4, 863-893 (2004). DOI: 10.1128/cmr.17.4.863-893.2004.
  3. K.P. Ananthapadman, D.J. Moore, K. Subramanyan, M. Misra, F. Meyer, *Dermatologic therapy*, 17, S1, 16-25 (2004). DOI: 10.1111/j.1396-0296.2004.04S1002.x.
  4. H. Löffler, G. Kampf, *Journal of hospital infection*, 70, S1, 44-48 (2008). DOI: 10.1016/S0195-6701(08)60019-9.
  5. V.A. Abramov, A.R. Gataullin, S.A. Bogdanova, S.V. Demidov, R.A. Kemalov, S.R. Allayarov, *High Energy Chemistry*, 57, 6, 494-497. DOI: 10.1134/s0018143923060012.
  6. U.Yu. Allayarova, E.N. Klimanova, T.E. Sashenkova, V.A. Abramov, A.R. Gataullin, S.A. Bogdanova, S.V. Demidov, D.V. Mishchenko, S.R. Allayarov, *High Energy Chemistry*, 58, 1, 127-133 (2024). DOI: 10.1134/S0018143924010016.
  7. A. Peters, C. Cave, J. Carry, J. Sauser, D. Pittet, *Journal of Hospital Infection*, 123, 112-118 (2022). DOI: 10.1016/j.jhin.2022.01.019.
  8. C. Villa, E. Russo, *Materials*, 14, 7, Article 1577. DOI: 10.3390/ma14071577.
  9. A.R. Gataullin, V.A. Abramov, S.A. Bogdanova, *Russian Journal of Applied Chemistry*, 98, 9-10, 510-522 (2025). DOI: 10.31857/S0044461825080046.
  10. A.R. Gataullin, V.A. Abramov, S.A. Bogdanova, *High Energy Chemistry*, 59, S1, S24-S30 (2025). DOI: 10.1134/S0018143925700481.
  11. M.T. Islam, N. Rodriguez-Hornedo, S. Ciotti, C. Ackermann, *Pharmaceutical Research*, 21, 1192-1199 (2004). DOI: 10.1023/B:PHAM.0000033006.11619.07.
  12. A. Berardi, D.R. Perinelli, L. Bisharat, B. Sabbatini, G. Bonacucina, M. Tiboni, G.F. Palmieri, M. Cespi, *International Journal of Pharmaceutics*, 616, Article 121503 (2022). DOI: 10.1016/j.ijpharm.2022.121503.
  13. M. Kolman, C. Smith, D. Chakrabarty, S. Amin, *International Journal of Cosmetic Science*, 43, 6, 748-763 (2021). DOI: 10.1111/ics.12750.
  14. G.B.C. Rodrigues, J. G. de Oliveira Filho, A. Jakelaitis, E.C. da Silva, G.R. Placido, S.M.L. de Oloveria Marcionilio, R.G. Bitencourt, *Research, Society and Development*, 13, 4, Article e6313445531 (2024). DOI: 10.33448/rsd-v13i4.45531.
  15. R. Perinelli, A. Berardi, L. Bisharat, A. Cambriani, R. Ganzetti, G. Bonacucina, M. Cespi, G.F. Palmieri, *International Journal of Pharmaceutics*, 604, Article 120769 (2021). DOI: 10.1016/j.ijpharm.2021.120769.
  16. A.F. Silva, T.A. Wood, D.J.M. Hodgson, *Rheologica Acta*, 61, 571-581 (2022). DOI: 10.1007/s00397-022-01347-y.
  17. A.R. Gataullin, S.A. Bogdanova, V.A. Abramov, M.S. Zhvaeva, S.V. Demidov, S.R. Allayarov, *High Energy Chemistry*, 60, 1, 73-84 (2026). DOI: 10.1134/S0018143925601113.
  18. J.J. Koleng, J.W. McGinity, W.R. Wilber, *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Washington, American Pharmaceutical Association, 2006, 115 c.
  19. M.M. Fiume, B. Heldreth, I. Boyer, W.F. Bergfeld, D.V. Belsito, R.A. Hill, C.D. Klaassen, D.C. Liebler, J.G. Marks, R.C. Shank, T.J. Slaga, P.W. Snyder, F.A. Andersen, *International Journal of Toxicology*, 36, 5, 59-88 (2017). DOI: 10.1177/1091581817707927.
  20. GOST 26670-91. *Food products. Methods for cultivation of microorganisms.* – Moscow: IPK Standards Publishing, 1993. – 8 p.
  21. J. Zhang, D. Qu, S. Wang, S. Qi, H. Zuo, *Polymers*, 16, 14, Article 1990. DOI: 10.3390/polym16141990.
  22. M. Houllberghs, L. Verheyden, F. Voorspoels, C.V. Chandran, K. Duerinckx, S. Radhakrishnan, J.A. Martens, E. Breynaert, *AIChE Journal*, 69, 2, Article 17911 (2022). DOI: 10.1002/aic.17911.
  23. L. Dekic, J. Milinkovic Budincic, D. Stanic, J. Fraj, L. Petrovic, *Pharmaceutics*, 16, 5, 628 (2024). DOI: 10.3390/pharmaceutics16050628.
  24. J.W. Fluhr, R. Darlenski, C. Surber, *British Journal of Dermatology*, 159, 1, 23-34 (2008). DOI: 10.1111/j.1365-2133.2008.08643.x.
  25. J.J. Thiele, S. Ekanayake-Mudiyanselage, *Molecular aspects of medicine*, 28, 5-6, 646-667 (2007). DOI: 10.1016/j.mam.2007.06.001.
  26. G. Nieto, G. Ros, J. Castillo, *Medicines*, 5, 3, 98 (2018). DOI: 10.3390/medicine5030098.
  27. E. Di Giuseppe, F. Corbi, F. Funicello, A. Massmeyer, T.N. Santimano, M. Rosenau, A. Davaille, *Tectonophysics*, 642, 29-45 (2015). DOI: 10.1016/j.tecto.2014.12.005.
  28. M. Subova, Z. Vitkova, E. Cirbusova, I. Eros, M. Konya, *Ceska Slov. Farm.*, 54, 2, 96-99 (2005).
  29. S.G. Lee, S.R. Kim, H.I. Cho, M.H. Kang, D.W. Yeom, S.H. Lee, S. Lee, Y.W. Choi, *Biol Pharm Bull.*, 37, 10, 1674-1682 (2014). DOI: 10.1248/bpb.b14-00458.
  30. ГОСТ 31695-2012. *Cosmetic gels. General specifications.* – Moscow: Standartinform, 2013. – 10 p.

© **А. Р. Гатауллин** – к.х.н., доцент кафедры Технологии косметических средств (ТКС), Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань, Россия, zulfat.azari@yandex.ru; **Л. Ф. Шакирова** – магистрант кафедры ТКС, КНИТУ, lenarashakirovaaaa@yandex.ru; **С. А. Богданова** – к.х.н., доцент кафедры ТКС, КНИТУ, polyswet@mail.ru.

© **А. Р. Гатауллин** – PhD (Chemical Sci.), Associate Professor, Department of Technology of Cosmetics (TC), Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia, zulfat.azari@yandex.ru; **Л. Ф. Шакирова** – Master-student, the TC department, KNRTU, lenarashakirovaaaa@yandex.ru; **С. А. Богданова** – PhD (Chemical Sci.), Associate Professor, the TC department, KNRTU, polyswet@mail.ru.

Дата поступления рукописи в редакцию – 01.03.26.

Дата принятия рукописи в печать – 15.04.26.