

Композиционные моющие средства с антибактериальными свойствами на основе смесей цетилпиридиний хлорида с Genapol

Ж.Б. Оспанова^{1*}, Э.К. Баянова¹,
Д.А. Асқарова¹, Ф. Аманкелды¹,
Е.В. Никулина²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²ОО «Goldman and Young», Алматинская обл., Казахстан

*E-mail: zhanar.ospanova@kaznu.kz

В настоящем исследовании основное внимание уделяется свойствам неионного поверхностно-активного вещества Genapol и катионного поверхностно-активного вещества цетилпиридиний хлорида (ЦПХ) для создания композиционного моющего средства с бактерицидным действием. Исследования включают изучение коллоидно-химических свойств растворов ЦПХ и Genapol, создание композиционных смесей с различным соотношением концентраций и оценку бактерицидной эффективности полученных моющих средств.

Были проведены исследования поверхностного натяжения, смачивания при комнатной температуре для оценки свойств поверхностно-активных веществ и их смесей.

Результаты показывают, что ЦПХ проявляет пенообразующие, эмульгирующие и бактерицидные свойства благодаря высокой поверхностной активности и адсорбционной способности. Genapol обладает такими преимуществами, как высокая поверхностная активность, пенообразующие и эмульгирующие свойства при различных pH. Сочетание этих поверхностно-активных веществ в комплексном моющем средстве позволяет создать универсальное чистящее средство с антибактериальными свойствами, независимыми от значения pH и жесткости воды. Также было определено бактерицидное действие растворов смесей ЦПХ-Genapol на ряд известных бактерий.

Результаты показывают, что композиционные растворы проявляют заметный бактерицидный эффект с зонами задержки роста в диапазоне от 13,5±0,5 мм до 17±0,1 мм. Наибольшая антибактериальная активность наблюдалась в отношении *Micobacterium citreum* и *Bacillus subtilis*. *Sarcina flava* и *Staphylococcus aureus* продемонстрировали схожие результаты ингибирования роста.

Ключевые слова: поверхностная активность; поверхностно-активные вещества; моющие средства; Genapol; цетилпиридиний хлорид; антибактериальная активность; зона ингибирования; патогенные микроорганизмы.

Цетилпиридиний хлорид және Genapol қоспаларына негізделген бактерияға қарсы қасиеттері бар композициялық жуғыш заттар

Ж.Б. Оспанова^{1*}, Э.К. Баянова¹,
Д.А. Асқарова¹, Ф. Аманкелды¹,
Е.В. Никулина²

¹Эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²«Goldman and Young» ЖШС, Алматы обл., Қазақстан

*E-mail: zhanar.ospanova@kaznu.kz

Бұл зерттеу бактерицидтік белсенділігі бар композициялық жуғыш затты жасау үшін иондық емес беттік активті зат - Genapol және катионды беттік активті зат цетилпиридиний хлоридінің (ЦПХ) қасиеттеріне негізделген. Зерттеулер ЦПХ және Genapol ерітінділерінің қасиеттерін анықтауды, әртүрлі концентрациялық қатынастағы композициялық ерітінділерді жасауды және алынған жуғыш заттардың бактерицидтік тиімділігін бағалауды қамтиды.

Негізгі көбік түзетін агенттер ЦПХ және Genapol тазартусыз қолданылды, бұл олардың жоғары биоыдырағыштығын көрсетеді. Беттік керілу өлшемдерін, жанасу бұрышын бағалауды және pH өлшеуді қоса, әртүрлі сынақтар беттік активті заттар қоспаларының қасиеттерін бағалау үшін бөлме температурасында жүргізілді.

Нәтижелер көрсеткендей, ЦПХ жоғары беттік активтілік пен адсорбциялық қабілетіне байланысты көбіктендіргіш, эмульгирлеуші және бактерицидтік қасиеттерді көрсетеді. Genapol әртүрлі pH деңгейлерінде жоғары беттік активтілік, көбік түзу және эмульгациялау қабілеті сияқты артықшылықтарға ие. Бұл беттік-активті заттардың күрделі жуғыш затта үйлесуі pH және қоршаған ортаның қаталдығына тәуелсіз бактерияға қарсы қасиеттері бар әмбебап тазартқышты жасайды. ЦПХ Genapol қоспалары ерітінділерінің бактерицидтік әсері де анықталды.

Нәтижелер композициялық ерітіндінің 13,5±0,5 мм-ден 17±0,1 мм-ге дейінгі өсу тежелу аймақтарымен айтарлықтай бактерицидтік әсер көрсететінін көрсетеді. Ең үлкен бактерияға қарсы активтілік *Micobacterium citreum* және *Bacillus subtilis*-ке қатысты байқалды. *Sarcina flava* және *Staphylococcus aureus* өсуді тежеудің ұқсас нәтижелерін көрсетті.

Түйін сөздер: беттік активтілік; беттік активті заттар; жуғыш заттар; Genapol; цетилпиридин хлориді; бактерияға қарсы белсенділік; тежелу аймағы; патогендік микроорганизмдер.

Composite detergents with antibacterial properties based on mixtures of cetylpyridinium chloride with Genapol

Z.B. Ospanova^{1*}, E.K. Bayanova¹,
D.A. Askarova¹, F. Amankeldi¹,
E.V. Nikulina²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²LLP "Goldman and Young", Almaty region, Kazakhstan

*E-mail: zhanar.ospanova@kaznu.kz

This study focuses on the properties of the nonionic surfactant Genapol and the cationic surfactant cetylpyridinium chloride (CPC) to develop a composite detergent with bactericidal activity. Research includes studying the properties of CPC and Genapol solutions, creating composite mixtures with different concentration ratios and assessing the bactericidal effectiveness of the resulting detergents.

The main foaming agents CPC and Genapol were used without purification, which emphasizes their high biodegradability. Various tests, including surface tension measurements, contact angle evaluation and pH measurements, were carried out at room temperature to evaluate the properties of surfactants and surfactant mixtures.

The results show that CPC exhibits foaming, emulsifying and bactericidal properties due to its high surface activity and adsorption capacity. Genapol has the advantages of high surface activity at different pH levels, excellent foaming and emulsifying properties. The combination of these surfactants in a complex detergent creates a universal cleaner with antibacterial properties independent of pH and environmental harshness. The bactericidal effect of solutions of CPC-Genapol mixtures was also determined.

The results show that the composite solution exhibits a noticeable bactericidal effect with zones of growth inhibition ranging from 13.5±0.5 mm to 17±0.1 mm. The greatest antibacterial activity was observed against *Micobacterium citreum* and *Bacillus subtilis*. *Sarcina flava* and *Staphylococcus aureus* showed similar growth inhibition results.

Keywords: surface activity; surfactants; detergents; Genapol; cetylpyridinium chloride; antibacterial activity; zone of inhibition; pathogenic microorganisms.



Композиционные моющие средства с антибактериальными свойствами на основе смесей цетилпиридиний хлорида с Genapol

Ж.Б. Оспанова^{1*} , Э.К. Баянова¹ , Д.А. Аскарлова¹ , Ф. Аманкелды¹ , Е.В. Никулина²

¹Казакский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, г. Алматы, 050040, Казахстан

²ОО «Goldman and Young», строение 1345, село Коксай, Алматинская обл., 050000, Казахстан

*E-mail: zhanar.ospanova@kaznu.kz

1. Введение

В связи с распространением различных вирусов и бактерий, особенную актуальность приобретает создание композиционных моющих средств с бактерицидными свойствами, способных тщательно очищать и дезинфицировать предметы массового обихода (посуду, кухонные приборы, бытовую технику, мебель) или часть помещений (пол, стены). Для дезинфекции помещений в общественных местах и транспорте используются моющие средства. При этом используемые моющие средства должны соответствовать всем требованиям, предъявляемым к ним, в том числе и высокой биоразлагаемости [1-9]. Композиционные моющие средства имеют широкое применение не только в рамках домашнего пользования, но и в других областях народного хозяйства (промышленность, животноводство) [6]. Моющие средства представляют собой смеси поверхностно-активных веществ (ПАВ) с вспомогательными компонентами и наполнителями, усиливающими моющее действие основных компонентов [10]. К примеру, неионогенные ПАВ показали эффективность против *Escherichia coli* (*E. coli*) [11]. Анионные, катионные ПАВ и полимеры являются наиболее часто используемыми поверхностно-активными веществами [8,9]. Представители этих групп обладают наибольшей очищающей способностью и отличными пенообразующими характеристиками [12].

Большое количество работ посвящено изучению бактерицидного действия цетилпиридиния хлорида (ЦПХ) [13-16]. В основном ЦПХ используют в стоматологической практике, средствах для полоскания

рта, в креме для кожи. Изучено бактерицидное действие растворов ЦПХ с масс. концентрацией 2-4%, 4% масс. раствор ЦПХ показал свою эффективность против *Streptococcus mutans* [13]. В работе [14] растворы, содержащие ЦПХ 0,05% по массе показали наилучшие результаты против *Escherichia coli* и 0,3% по массе — против *Staphylococcus aureus*. В литературе недостаточно сведений о поверхностных, пенообразующих и эмульгирующих свойствах, а также бактерицидном действии ЦПХ при низких концентрациях и в смесях с неионным ПАВ Genapol, что определяет актуальность и научную новизну данной работы.

В связи с этим целью работы является изучение свойств неионного ПАВ Genapol и катионного ПАВ цетилпиридиния хлорида, и получение на их основе композиционного моющего средства с бактерицидными свойствами. Основными задачами работы явилось изучение поверхностных и коллоидно-химических свойств растворов ЦПХ и Genapol, получение композиционных смесей растворов ЦПХ и Genapol с различными соотношениями концентрации компонентов и определение бактерицидного действия полученного моющего средства на основе ЦПХ и Genapol.

2. Эксперимент

В настоящей работе в качестве основных пенообразователей были использованы катионное ПАВ – цетилпиридиния хлорид (ЦПХ) ($C_{16}H_{33}N$) C_5H_5NCl (ККМ = $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л) (Sigma Aldrich, Германия) и неионное ПАВ – Genapol $HO(CH_2CH_2O)_n C_{12}H_{25}$ (ККМ = $1,5 \cdot 10^{-2}$ моль/л) (Sigma Aldrich, Германия), в качестве регулятора pH использовали

моноэтаноламин (Sigma Aldrich, Германия). ПАВ использовали без очистки, отсутствие минимумов на изотермах поверхностного натяжения свидетельствует об отсутствии поверхностно-активных примесей.

Поверхностное натяжение водных растворов ЦПХ, Genapol и их смесей измерялось методом погруженной пластинки Вильгельми с использованием алюминиевой пластинки размером $(24 \times 24) \cdot 10^{-3}$ м. Для определения краевого угла смачивания растворов был использован гониометр ЛК-1. Измерение значения pH пенообразующих растворов проводили с помощью pH-метра Starter со стеклянным и хлорсеребряным электродами. Для измерения пенообразующей способности исследуемых растворов был использован прибор Росс-Майлса [17]. Изучение эмульгирующего действия растворов проводили по методике [18]. Все опыты проводились при 25°C.

Для определения антагонистической активности образца против бактериальных тестовых культур готовили суспензию в количестве 10^{-5} тестов, добавляли в остуженную среду мясопептонного агара (МПА) и разливали по 20-25 мл в чашки Петри. Затем высверливали в плотной питательной среде лунки диаметром 10 мм. В подготовленные лунки закапывали растворы смесей ЦПХ-Genapol. Культивировали при температуре 37°C в течении 2 суток. Замеряли диаметр зон подавления роста тест культуры.

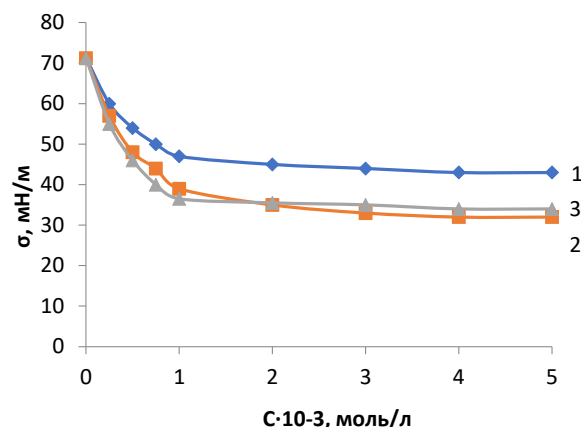
3. Результаты и обсуждение

Для получения композиционного моющего средства с антибактериальными свойствами необходимо было изучить коллоидно-химические свойства ПАВ и их смесей: поверхностное натяжение растворов ПАВ, способность смачивать различные поверхности, устойчивость эмульсий нерафинированного растительного масла в присутствии растворов ПАВ, устойчивость пен, полученных из растворов ПАВ, бактерицидную способность композиционного моющего средства. Как известно, катионные ПАВ (КПАВ) обладают пенообразующими, эмульгирующими свойствами за счёт высокой поверхностной активности и высокой адсорбционной способности. Кроме того, КПАВ обладают бактерицидными свойствами [2]. Неионные ПАВ (НПАВ) также имеют ряд преимуществ, а именно обладают высокой поверхностной активностью независимо от pH среды, а также хорошей пенообразующей и эмульгирующей способностью [3,12]. Создание композиционного моющего средства на основе КПАВ и НПАВ позволяет получить моющее средство с хорошим пенообразующим и эмульгирующим свойством независимым от pH и от жесткости среды и в то же время обладающим бактерицидными свойствами.

Для оценки поверхностных свойств ПАВ и их смесей было проведено измерение поверхностного натяжения их растворов. На рисунке 1 представлены изотермы поверхностного натяжения для растворов ЦПХ и смесей

ЦПХ-Genapol. Изучение поверхностного натяжения Genapol при $t=25^\circ\text{C}$ в интервале 0,01 до 1% показало, что поверхностное натяжение даже при низких концентрациях имеет низкие значения и соответствуют $\sim 30-35$ мН/м. Это свидетельствует о высокой поверхностной активности Genapol. При больших концентрациях данная зависимость имеет линейный характер, что свидетельствует о том, что молекулы ПАВ расположены в поверхностном слое. Для получения композиционного моющего средства были приготовлены смеси растворов ЦПХ с раствором Genapol с концентрацией 0,0625%, что соответствует $\sim 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Эта концентрация Genapol была выбрана оптимальной, так как при этой концентрации поверхностное натяжение соответствует низкому значению ~ 35 мН/м.

Как видно из рисунка 1, с увеличением концентрации раствора ПАВ, поверхностное натяжение уменьшается. В результате уменьшения поверхностного натяжения происходит уменьшение поверхностной энергии. При больших концентрациях ПАВ происходит насыщение адсорбционного слоя молекулами ПАВ, что приводит к снижению поверхностного натяжения. На участках с концентрациями от $1 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л наблюдается линейная зависимость. Линейная зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ связана с тем, что молекулы ПАВ при таких концентрациях находятся в поверхностном слое раствора.



ЦПХ (1), Genapol (2) и смесей ЦПХ – Genapol (3) при $t=25^\circ\text{C}$.

Рисунок 1 – Изотермы поверхностного натяжения растворов

На рисунке 1, кривая 3 изображена изотерма поверхностного натяжения растворов смесей ЦПХ-Genapol (по оси абсцисс приведена концентрация ЦПХ в смесях с Genapol). Видно, что с увеличением концентрации ПАВ значение поверхностного натяжения уменьшается. В участках с концентрациями ЦПХ от $5 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л наблюдается заметное уменьшение поверхностного

натяжения смеси. В смесях ЦПХ – Genapol значения поверхностного натяжения ниже, чем для чистого ЦПХ, что означает, что смеси ЦПХ – Genapol проявляют большую поверхностную активность, по сравнению с чистым ЦПХ. Это обусловлено влиянием Genapol, так как изотерма поверхностного натяжения Genapol (кривая 2) и изотерма смеси ЦПХ-Genapol (кривая 3) практически совпадают.

Таблица 1 – Поверхностная активность ЦПХ, Genapol и смесей ЦПХ – Genapol

Система	ККМ, моль/л	G, мН·м ² /моль	$\Gamma_{\infty} \cdot 10^{-6}$, моль/м ²
ЦПХ	$1 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^4$	3,5
Genapol	$5 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^4$	3,7
ЦПХ - Genapol	$8 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^4$	4,0

В таблице 1 приведены поверхностная активность ЦПХ, Genapol и смесей ЦПХ-Genapol. Следовательно, можно предположить, что смеси ЦПХ – Genapol будут проявлять хорошие пенообразующие и эмульгирующие свойства, что является немаловажным фактором для создания композиционного моющего средства [19].

Следующим этапом явилось определение эмульгирующих свойств ПАВ и их смесей, а также пенообразования и устойчивости пены, стабилизированной растворами ПАВ и их смесями. Результаты исследований

растворов ЦПХ, Genapol и смесей ЦПХ-Genapol в качестве эмульгаторов для стабилизации эмульсий подсолнечного масла представлены в таблице 2. Из таблицы видно, что ЦПХ не образует устойчивых эмульсий при малых концентрациях.

Тип эмульсии определяли на парафиновой поверхности и проверяли смешивается ли эмульсия с водой. На парафиновой поверхности эмульсия не растеклась, а значит исследуемая нами эмульсия прямая. На стеклянной поверхности раствор эмульсии смешался с водой, что опять же доказывает то, что тип исследуемой нами эмульсии прямая. Образование прямой эмульсии растворами ПАВ свидетельствует о том, что исследуемая нами смесь ЦПХ-Genapol будут смывать жир с поверхности.

В таблице 3 представлены данные по определению устойчивости пен (Y, %) растворов ЦПХ, Genapol и их смесей от концентрации растворов. Самая низкая устойчивость пены из раствора ЦПХ наблюдается при концентрациях $5 \cdot 10^{-5}$ и 10^{-4} . В растворе Genapol самая высокая устойчивость пены наблюдается при концентрации 0,125%. Как видно из таблицы 3, пены из растворов ЦПХ наиболее устойчивы, чем пены растворов Genapol. Пенообразование растворов зависит от природы веществ. Genapol является неионогенным ПАВ, а НПАВ образуют менее устойчивую пену [4]. Пены, генерированные из КПАВ более устойчивы за счет образования гидратных пленок. Следовательно, в растворах смеси ЦПХ и Genapol, чем выше содержание ЦПХ в растворах смеси ЦПХ-Genapol, тем выше значение устойчивости пены.

Таблица 2 – Эмульгирующая способность ЦПХ, Genapol и смесей ЦПХ – Genapol

ЦПХ		Genapol		Смесь ЦПХ-Genapol (0,0625%)	
C, моль/л	τ , мин.	C, %	τ , мин	C(ЦПХ), моль/л	τ , мин
$5 \cdot 10^{-5}$	2,0	0,0625	15,5	$5 \cdot 10^{-5}$	1,0
10^{-4}	2,5	0,125	16,0	10^{-4}	1,5
$5 \cdot 10^{-4}$	2,8	0,25	16,5	$5 \cdot 10^{-4}$	7,0
10^{-3}	3,0	0,5	23,0	10^{-3}	10,0
$5 \cdot 10^{-3}$	25,0	1	35,0	$5 \cdot 10^{-3}$	40,0

Таблица 3 – Устойчивость пен растворов ЦПХ, Genapol и их смеси ЦПХ-Genapol

ЦПХ		Genapol		Смесь ЦПХ-Genapol (0,0625%)	
C, моль/л	Y, %	C, %	Y, %	C(ЦПХ), моль/л	Y, %
$5 \cdot 10^{-5}$	67	0,0625	55	$5 \cdot 10^{-5}$	50
10^{-4}	76	0,125	59	10^{-4}	56
$5 \cdot 10^{-4}$	89	0,25	40	$5 \cdot 10^{-4}$	74
10^{-3}	84	0,5	36	10^{-3}	77
$5 \cdot 10^{-3}$	95	1	29	$5 \cdot 10^{-3}$	81

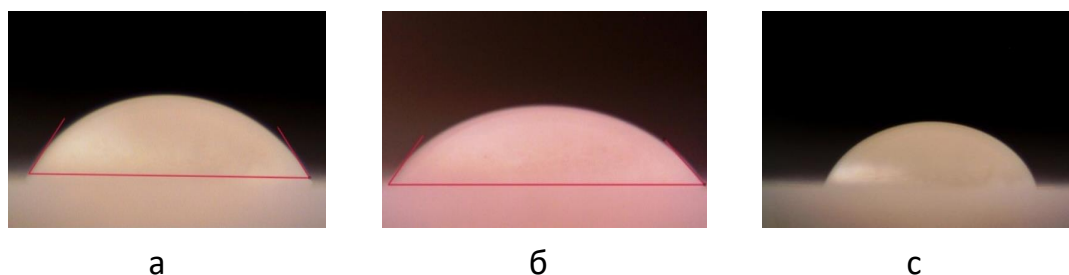


Рисунок 2 – Фотографии капель растворов смеси ЦПХ (10^{-4} моль/л)-Genapol (а), ЦПХ (10^{-3} моль/л)-Genapol (б), ЦПХ ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л)-Genapol (в), концентрация Genapol в смеси 0,0625%

Одним из важных свойств моющих средств является смачивающее действие на гидрофобные поверхности [5,14]. В этой связи было определено смачивающее действие ПАВ и их смесей тефлоновой поверхности. На гониометре ЛК-1 были получены снимки растворов смесей ЦПХ-Genapol и определены краевые углы смачивания. Результаты представлены на рисунке 2.

Краевые углы смачивания растворов смесей ЦПХ (10^{-4} моль/л) – Genapol, рисунок 2 (а), составляет 45° , ЦПХ (10^{-3} моль/л) – Genapol, рисунок 2 (б) – 54° , ЦПХ ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) – Genapol, рисунок 2 (в) – 76° . С увеличением концентрации ЦПХ в растворе растёт значение краевого угла смачивания и, следовательно, смачиваемость уменьшается. Хорошая смачиваемость поверхности твёрдого тела жидкостями связана с тем, что молекулы жидкости взаимодействуют слабо между собой, чем с молекулами поверхности твёрдого тела. Смеси ЦПХ-Genapol показали хорошую смачивающую способность тефлоновой поверхности, краевые углы смачивания $<90^\circ$. Это также свидетельствует о том, что смеси будут хорошо очищать жирные загрязнения.

Заключительным этапом работы явилось определение бактерицидного действия растворов смесей ЦПХ – Genapol на активность против многих известных бактериальных тест-культур: *Micobacterium citreum*, *Sarcina flava*, *Salmonella dublin*, *Echerichia coli*, *Pseudomonas sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* (таблица 4). Бактериальные тесты культивировали на среде МПА. Бактерицидное действие ЦПХ изучалось во многих работах [13-16]. Установлено, что ЦПХ проявляет высокую активность против многих видов бактерий: *Streptococcus mutans*, *Echerichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Salmonella typhi* и *Shigella*. Механизм его действия заключается в денатурации микробных белков. Genapol не проявляет бактерицидного действия, усиливает пеномоющее действие, является загустителем для ПАВ. В этой связи определяли бактерицидное действие композиции ЦПХ ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л)-Genapol (0,0625%), обладающей лучшими пеномоющими характеристиками.

Таблица 4 – Зона ингибирования образца против бактериальных тестовых культур

Тест культуры	Диаметр зон подавления роста, мм
<i>Micobacterium citreum</i>	$17 \pm 0,1$
<i>Sarcina flava</i>	$15 \pm 0,1$
<i>Salmonella dublin</i>	не подавляет
<i>Echerichia coli</i>	$13,5 \pm 0,5$
<i>Pseudomonas sp.</i>	не подавляет
<i>Staphylococcus aureus</i>	$15 \pm 0,1$
<i>Bacillus subtilis</i>	$17 \pm 0,5$

Диаметр зон подавления роста бактерий варьировал от $13,5 \pm 0,5$ мм до $17 \pm 0,1$ мм. Наиболее высокую противобактериальную активность образец показал против *Micobacterium citreum* и *Bacillus subtilis*. На *Sarcina flava* и *Staphylococcus aureus* показал одинаковый результат. Против бактериального теста *Echerichia coli* зоны были меньше по сравнению с другими тестовыми культурами. Образец против *Salmonella dublin* и *Pseudomonas sp.* активности не показал (рисунки 3 и 4).

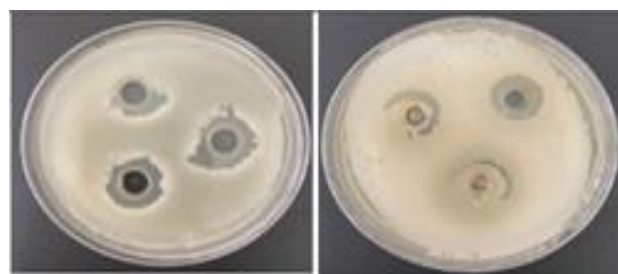


Рисунок 3 – Антибактериальная активность образца ЦПХ-Genapol против тест культуры *Bacillus subtilis*



Рисунок 4 – Антибактериальная активность образца ЦПХ-Genapol против тестовых культур

4. Заключение

В ходе работы были получены моющие композиции с бактерицидным эффектом и высокой моющей способностью.

Было исследовано поверхностное натяжение растворов ЦПХ и Genapol различных концентраций, и их смесей ЦПХ-Genapol. С увеличением концентрации ПАВ в растворе, поверхностное натяжение уменьшалось. Определены поверхностная активность, критическая концентрация мицеллообразования и адсорбция на границе раздела жидкость-газ растворов ПАВ и их смесей. По величинам поверхностной активности было установлено, что исходные вещества и смеси проявляют высокую поверхностную активность.

Изучение эмульгирующих свойств растворов ПАВ и их смесей показало, что эмульсии подсолнечного масла более устойчивы при использовании в качестве эмульгаторов смесей ЦПХ-Genapol.

При определении пенообразования и устойчивости пен из растворов ПАВ, было выявлено что наиболее устойчивым является раствор ЦПХ с концентрацией $5 \cdot 10^{-3}$. В случае смесей растворов ЦПХ-Genapol, пены устойчивы при всех концентрациях. Смеси ЦПХ-Genapol также проявляют пеностабилизирующие свойства.

Наибольшее смачивающее действие по отношению к твердой гидрофобной поверхности (тефлон показывает композиция, состоящая из поверхностно-активного вещества Genapol и бактерицидного вещества ЦПХ в соотношении ЦПХ (10^{-4} моль/л) – Genapol (0,0625%). Смачивание гидрофобной поверхности растворами ПАВ и их смесей показало, что наиболее хорошая смачиваемость тефлоновой поверхности растворами смесей ЦПХ-Genapol с уменьшенным содержанием ЦПХ.

Было определено бактерицидное действие растворов смесей ЦПХ ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/л) – Genapol (0,0625%) на ряд известных бактериальных культур. В результате исследований установлено, что полученное моющее средство подавляет такие бактерии, как *Micobacterium citreum*, *Sarcina flava*, *Echerichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*.

Литература

- 1 Солдатенков А.Т., Ле Т.А., Чыонг Х.Х., Комарова А.И., Мандал Т.К., Колядина Н.М. Моющие, чистящие и дезинфицирующие вещества. Прикладная органическая химия. – Ханой: «Издательство Вьетнамского Национального Университета», 2014. – 274 с.
- 2 Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества. Синтез, свойства, анализ, применение. – Санкт-Петербург: Профессия, 2016. – 240 с.
- 3 Kogawa A.C., Cernic B.G., do Couto L.G.D., Salgado H.R.N. Synthetic detergents: 100 years of history // Saudi Pharmaceutical Journal. – 2017. – Vol.25, Is.6. – P.934-938.
- 4 Николаев П.В., Козлов Н.А., Петрова С.Н. Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств. – Ивановский государственный химико-технологический университет, 2007. – 116 с.
- 5 Saraji M., Shirvani N. Determination of residual 1,4-dioxane in surfactants and cleaning agents using headspace single-drop microextraction followed by gas chromatography-flame ionization detection // International Journal of Cosmetic Science. – 2017. – Vol.39, Is.1 – P.36–41.
- 6 Шестопалов Н.В., Пантелеева Л.Г., Соколова Н.Ф., Абрамова И.М., Лукичев С.П., Федеральные клинические рекомендации по выбору химических средств дезинфекции и стерилизации для использования в медицинских организациях. – М., 2015. – 67 с.
- 7 Pradhan A.R., Bhattacharyya A. Quest for an eco-friendly alternative surfactant: Surface and foam characteristics of natural surfactants // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol.150. – P.127-134.

- 8 Оспанова Ж.Б., Адильбекова А.О., Мусабеков К.Б., Тулегенова Г.У. Бактерицидные композиции на основе полигексаметиленгуанидин гидрохлорида // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2014. – №1(73). – С.33-39.
- 9 Кумаргалиева С.Ш., Оспанова Ж.Б., Абрамова О., Мусабеков К.Б. Моющее действие производных додецилсульфата натрия // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2006. – №2(42).
- 10 Холмберг К., Иенссон Б., Кронберг Б, Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / Перевод с англ. под ред. Б.Д. Сумма. – М.: Бином. – 2015. – 310 с.
- 11 Falk N.A. Surfactants as antimicrobials: A brief overview of microbial interfacial chemistry and surfactant antimicrobial activity // Journal of Surfactants and Detergents. – 2019. – Vol.22, Is.5. – P.1119-1127.
- 12 Corazza M., Lauriola M.M., Zappaterra M., Bianchi A., Virgili A. Surfactants, skin cleansing protagonists // Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV. – 2010. – Vol.24, Is.1. – P.1-6.
- 13 Khan S., Amin F., Amin R., Kumar N. Exploring the effect of cetylpyridinium chloride addition on the antibacterial activity and surface hardness of resin-based dental composites // Polymers. – 2024. – Vol.16, Is.5. – P.588.
- 14 Rambo M.K.D., Lins R.F., N Silva F.L., Alonso A., Rambo M.C.D., C Leal J.E., de Sousa-Neto D. Effect of cationic surfactant on the physicochemical and antibacterial properties of colloidal systems (emulsions and microemulsions) // Brazilian Journal of Biology. – 2024. – Vol.84. – IDe278013.
- 15 Di Lodovico S., Dotta T.C., Cellini L., Iezzi G., D'Ercole S., Petrini M. The antibacterial and antifungal capacity of eight commercially available types of mouthwash against oral microorganisms: an in vitro study // Antibiotics. – 2023. – Vol.12, Is.4. – P.675.
- 16 Gomathi R., Paradesi D. (2023) Antibacterial efficacy of a topical skin cream loaded with nano zinc oxide, cetylpyridinium chloride and chlorhexidine gluconate // Materials Today: Proceedings. – 2023. – Vol.93. – P.54-60.
- 17 Оспанова Ж.Б., Мусабеков К.Б., Керимкулова М.Ж. Физико-химия пен и аэрозолей: учебно-методическое пособие. – Алматы: Қазақ Ұлттық Университеті, 2016. – 80 с.
- 18 Мусабеков К.Б. и др. Лабораторные работы по коллоидной химии. – Алматы: Қазақ Ұлттық Университеті, 2013.
- 19 Абдрахманова Г.А. Синтетические моющие средства: польза и вред // Молодой учёный. – 2015. – №9(89). – С.60-62.
- 2 Lange KR (2016) Surfactants. Synthesis, properties, analysis, application [Poverkhnostno-aktivnyye veshchestva. Sintez, svoystva, analiz, primeneniye]. Professiya, St. Petersburg, Russia. (In Russian)
- 3 Kogawa AC, Cernic BG, do Couto LGD, Salgado HRN (2017) Saudi Pharmaceutical Journal 25(6)934–938. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2017.02.006>
- 4 Nikolaev PV (2007) Fundamentals of chemistry and technology for the production of synthetic detergents [Osnovy khimii i tekhnologii proizvodstva sinteticheskikh moyushchikh sredstv]. Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo, Russia. (In Russian)
- 5 Saraji M, Shirvani N (2017) Int J Cosmetic Sci 39(1)36–41. <https://doi.org/10.1111/ics.12345>
- 6 Shestopalov NV, Panteleeva LG, Sokolova NF, Abramova IM, Lukichev SP (2015) Federal clinical recommendations for the selection of chemical disinfectants and sterilization for use in medical organizations [Federal'nyye klinicheskiye rekomendatsii po vyboru khimicheskikh sredstv dezinfektsii i sterilizatsii dlya ispol'zovaniya v meditsinskikh organizatsiyakh]. Moscow, Russia. (In Russian)
- 7 Pradhan AR, Bhattacharyya A (2017) J Clean Prod 150:127-134. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.013>
- 8 Ospanova ZhB, Adilbekova AO, Musabekov KB, Tulegenova GU (2014) Chem Bull Kaz Nat Univ 1(73):33-39. (In Russian). https://doi.org/10.15328/chemb_2014_133-39
- 9 Kumargaliev SSh, Ospanova ZhB, Abramova O, Musabekov KB (2006) Chem Bull Kaz Nat Univ 2(42). (In Russian)
- 10 Holmberg K, Jensson B, Kronberg B, Lindman B (2015) Surfactants and polymers in aqueous solutions (translation from English edited by Summ BD). Binom, Moscow, Russia. 310 pp.
- 11 Falk NA (2019) J Surfactants Deterg 22(5)1119–1127. <https://doi.org/10.1002/jsde.12293>
- 12 Corazza M, Lauriola MM, Zappaterra M, Bianchi A, Virgili A (2010) Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV 24(1):1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2009.03349.x>
- 13 Khan S, Amin F, Amin R, Kumar N (2024) Polymers-Basel 16(5):588. <https://doi.org/10.3390/polym16050588>
- 14 Rambo MKD, Lins RF, N Silva FL, Alonso A, Rambo MCD, C Leal JE, de Sousa-Neto D (2024) Braz J Biol 84:e278013. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.278013>
- 15 Di Lodovico S, Dotta TC, Cellini L, Iezzi G, D'Ercole S, Petrini M (2023) Antibiotics 12(4)675. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12040675>
- 16 Gomathi R, Paradesi D (2023) Mater Today-Proc 93:54-60. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.10.001>
- 17 Ospanova ZhB, Musabekov KB, Kerimkulova MZh (2016) Physico-chemistry of foams and aerosols: educational and methodological manual [Fiziko-khimiya pen i aerorozoley: uchebno-metodicheskoye posobiye]. Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. (In Russian)
- 18 Musabekov KB and others (2013) Laboratory work on colloid chemistry [Laboratornyye raboty po kolloidnoy khimii].

References

1 Soldatenkov AT, Le TA, Truong HH, Komarova AI, Mandal TK, Kolyadina NM (2014) Detergents, cleaning and disinfectants. Applied organic chemistry [Moyushchiye, chistyashchiye i dezinfitsiruyushchiye veshchestva. Prikladnaya organicheskaya khimiya.]. Vietnam National University Publishing House, Hanoi, Vietnam. (In Russian)

Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. (In Russian)
19 Abdrakhmanova GA (2015) Young scientist 9(89):60-62. (In Russian)

Сведения об авторах

1. Оспанова Жанар Бесембаевна – доцент кафедры химии и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби (г. Алматы Казахстан);

2. Баянова Эмине Қазбекқызы – выпускница кафедры химии и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби (г. Алматы Казахстан);

3. Асқарова Дана Алмазқызы – магистрант кафедры химии и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан);

4. Аманкельды Фариза Берикқызы – докторант кафедры химии и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан);

20 5. Никулина Елена Викторовна – руководитель отдела разработок ТОО «Goldman and Young» (Алматинская обл., Казахстан).