

Научно-исследовательский журнал «**Chemical Bulletin**»

<https://cb-journal.ru>

2025, Том 8, № 1 / 2025, Vol. 8, Iss. 1 <https://cb-journal.ru/archives/category/publications>

Научная статья / Original article

УДК 544.77.03

DOI: 10.58224/2619-0575-2025-8-1-3

Влияние комплексообразующих компонентов моющей системы на гидрофилизирующие свойства композиции

¹ Клепикова М.А. *,

¹ Ключникова Н.В.,

¹ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,

* Ответственный автор E-mail: mariya.klepickova@yandex.ru

Аннотация: разработка действующих и эффективных рецептур моющих средств является актуальной задачей на протяжении длительного периода. Моющая композиция включает в свой состав большое количество разнообразных сырьевых компонентов, которые выполняют определенные функции. На сегодняшний день рынок химического сырья имеет широкий ассортимент, что дает возможность подбирать необходимые компоненты, в зависимости от требуемых свойств и характеристик. Важными и обязательными элементами моющей системы выступают поверхностно-активные вещества, без которых не обходится ни один состав, а также комплексообразующие добавки, которые не только служат для связывания ионов жесткости в процессе очистки, но также усиливают моющую способность всей системы. Наиболее популярными хелатообразующими агентами, в настоящее время, являются триполифосфат натрия, этилендиаминететрауксусная кислота, оксиэтилендиfosфоновая кислота. В последнее время появилось множество исследований, доказывающих вредное воздействие триполифосфата натрия на окружающую среду, вследствие чего, большинство производителей стали «убирать» этот комплексон из своих рецептур. Большую популярность в последнее время начинают приобретать такие комплексообразующие добавки, как оксиэтилендиfosфоновая и этилендиаминететрауксусная кислоты, которые обладают необходимым набором свойств и характеристик, а также доступны и просты в процессе технологического применения. В статье рассматривается влияние природы комплексообразующих компонентов, содержащихся в моющих средствах, на улучшение их очищающего действия и повышение эффективности составов. В работе был использован метод седиментационных объемов, который позволил оценить гидрофилизирующий эффект на поверхности углерода в системах с различными типами комплексообразователей. На основании полученных результатов были подобраны наиболее эффективные и подходящие хелатообразующие агенты для разрабатываемой моющей системы, а также установлена наиболее оптимальная концентрация комплексообразователя.

Ключевые слова: комплексообразователи, моющая композиция, метод седиментационных объемов, триполифосфат натрия, этилендиаминететрауксусная кислота, оксиэтилендиfosфоновая кислота

Для цитирования Клепикова М.А., Ключникова Н.В. Влияние комплексообразующих компонентов моющей системы на гидрофилизирующие свойства композиции: // Chemical Bulletin. 2025. Том 8. № 1. 3. DOI: 10.58224/2619-0575-2025-8-1-3

Поступила в редакцию: 24 декабря 2024 г.; Одобрена после рецензирования: 21 февраля 2025 г.; Принята к публикации: 25 марта 2025 г.

The effect of the complexing components of the washing system on the hydrophilizing properties of the composition

¹ Klepikova M.A. *,

¹ Klyuchnikova N.V.,

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,

* Corresponding author E-mail: mariya.klepickova@yandex.ru

Abstract: the development of effective and effective formulations of detergents has been an urgent task for a long period. The washing composition includes a large number of various raw materials components that perform certain functions. Today, the market of chemical raw materials has a wide range, which makes it possible to select the necessary components, depending on the required properties and characteristics of the products. Surfactants, which no composition can do without, as well as complexing additives, which not only serve to bind hardness ions during the cleaning process, but also enhance the washing ability of the entire system, are important and mandatory elements of the washing system. Currently, the most popular chelating agents are sodium tripolyphosphate, ethylenediaminetetraacetic acid, hydroxyethylenediphosphonic acid, etc. However, based on recent scientific research, it can be concluded that trip. Taking into account this information, such complexes as oxy-ethylene diphosphonic and ethylenediaminetetraacetic acids are beginning to gain great popularity, since they have the necessary set of properties and characteristics for use in detergent formulations, are affordable and simple in the process of technological application. The article describes the influence of the nature of the complexing components that make up detergents on enhancing the cleansing effect and increasing the effectiveness of compositions. For this study, the sedimentation volume method was chosen, which made it possible to evaluate the hydrophilizing effect on the carbon surface in systems with various types of complexing agents. Based on the results obtained, conclusions were drawn about the most effective and suitable chelating agent for this washing system, and the most optimal concentration of the complexing agent was selected.

Keywords: complexing agents, washing composition, sedimentation volume method, sodium tripolyphosphate, ethylenediaminetetraacetic acid, oxy-ethylene diphosphonic acid.

For citation: Klepikova M.A., Klyuchnikova N.V. The effect of the complexing components of the washing system on the hydrophilizing properties of the composition. Chemical Bulletin. 2025. 8 (1). 3. DOI: 10.58224/2619-0575-2025-8-1-3

The article was submitted: December 24, 2024; Approved after reviewing: February 21, 2025; Accepted for publication: March 25, 2025.

Введение

Производства моющих средств для промышленного и бытового применения стремительно и активно развиваются с каждым годом. Разработка новых рецептур моющих композиций, или усовершенствование уже имеющихся, является актуальной задачей на сегодняшний день. Процесс создания и производства моющих средств является достаточно сложным, трудоемким и многозадачным процессом.

Разработка рецептур и подбор сырьевых компонентов является первостепенной и сложной задачей, так как моющая композиция – многокомпонентная система, в состав которой входит большое количество сырьевых элементов, отвечающих за те или иные свойства будущего средства [1].

На сегодняшний день рынок сырьевых компо-

нентов и ингредиентов для создания моющих средств достаточно велик и разнообразен. Не смотря на уход с российского рынка многих зарубежных поставщиков химического сырья, в связи с экономической и политической обстановкой в стране, отечественные производители в короткие сроки постарались полностью «закрыть» потребности во всех сырьевых позициях для различных производственных направлений.

На российском рынке появилось большое количество компаний, занимающихся производством сырья для химических отраслей, которое не уступает по качеству ранее используемому зарубежному компонентам.

Резкое изменение ассортимента химического сырья подтолкнуло производителей моющих средств к пересмотру рецептур композиций, поиску аналогов сырья, подбору новых ингредиентов.

Следует отметить, что основной задачей при создании и производстве моющих средств является создание эффективных, составов, которые при этом будут безопасными и неагрессивными, так как в последнее время потребители начали уделять внимание моющим средствам, которые не наносят экологический ущерб [2].

Моющая композиция включает в свой состав большое количество сырьевых компонентов, которые отвечают за различные свойства. Важнейшими элементами моющей системы, которые будут оказывать решающую роль на эффективность процесса очистки, играют поверхностно-активные вещества, комплексообразователи и функциональные добавки, в зависимости от сферы и области применения.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) являются ключевым и необходимым элементом моющих систем. Они классифицируются на анионные, катионные, неионогенные и амфотерные в зависимости от заряда гидрофильной части молекулы.

Выбор пенообразователя для моющей системы представляет собой один из самых важных этапов при разработке рецептуры, поскольку именно они обеспечивают основные характеристики моющей композиции [3].

На сегодняшний день существует большое количество поверхностно-активных веществ от различных производителей, которые отличаются молекулярным строением, степенью пенообразования, очищающими действиями по отношению к различного рода загрязнениям, областями применения и т.д.

Наибольшую популярность среди поверхностно-активных веществ получили анионные пенообразующие компоненты, так как, не смотря на низкую стоимость и доступность, они обладают замечательными очищающими, обезжирающими свойствами, дают стабильную пену при использовании, легко совмещаются с другими компонентами, входящими в моющие композиции [4, 5].

Следующими по популярности считаются неионогенные поверхностно-активные вещества. Основным преимуществом данных компонентов является их совместимость с поверхностно-активными веществами другой природы (анионные, катионные), что дает возможность использовать их в смесях с другими пенообразователями с целью усиления моющего действия композиции. Помимо этого, неионогенные поверхностно-активные вещества являются достаточно доступными, бюджетными, простыми в применении.

Катионные поверхностно-активные вещества не нашли широкого применения во всех областях промышленности в следствие высокой стоимости

и меньшей моющей эффективности. Однако, данные компоненты обладают бактерицидной и антимикробной активностью, что дает возможность применять их в дезинфицирующих средствах [6].

Также можно выделить амфотерные поверхностно-активные вещества, особенность которых заключается в том, что в зависимости от pH среды, в которой их используют, они могут проявлять как анионные, так и катионные свойства. Наибольшее применение данные пенообразователи получили при совместном использовании с анионными поверхностно-активными веществами, так как сами по себе они не имеют высоких показателей пеногенерации, а совместное применение с анионными компонентами позволяет получать средства с высокими моющими характеристиками и стабильной пеной.

Необходимо учитывать, что моющая система включает в свой состав большое количество сырьевых компонентов, помимо поверхностно-активных веществ, следовательно, важно учитывать свойства и характеристики всех присутствующих сырьевых элементов, чтобы все компоненты обладали синергизмом в отношении друг друга, усиливая моющий эффект.

При создании рецептуры моющей композиции, необходимо также учитывать необходимость введения в состав средств комплексообразующих компонентов, которые в процессе стирки и очистки связывают ионы жесткости, содержащиеся в воде. Введение хелатообразующих агентов является обязательным этапом, так как наличие этих компонентов в составе композиции позволяет значительно повысить моющую эффективность средства.

На сегодняшний день существует большой ассортимент комплексообразующих добавок для применения в средствах для стирки. Наиболее распространенными хелатообразующими агентами являются триполифосфат натрия, дифосфат натрия, диацетат глутамата тетранатрия, аминотриметилфосфоновая кислота, этилендиаминетрауксусная кислота, оксиэтилендифосфоновая кислота, лимонная кислота и т.д.

Длительный период триполифосфат натрия являлся наиболее популярным и широко применяемым комплексообразующим компонентом, так как обладает необходимыми хелатообразующими показателями в процессе мойки, прост в применении, доступен и имеет низкую стоимость [7].

По сравнению с другими комплексообразователями, такими как оксиэтилендифосфоновая кислота и этилендиаминетрауксусная кислота, главным преимуществом триполифосфата была его низкая стоимость, что существенно уменьшало

себестоимость продукции. В отличии от лимонной кислоты, дифосфата натрия и т.д., которые также являются доступными по цене, триполифосфат натрия обладает наилучшими связывающими характеристиками, что дает ему преимущество в сравнении с аналогичными компонентами.

Однако, в ходе исследований, проводимых в последние годы в области разработки рецептур моющих средств, было установлено негативное влияние триполифосфата натрия на окружающую среду. Анализ литературных источников показал, что его применение в моющих средствах со временем приводит к заболачиванию водоемов.

Сложившаяся ситуация подтолкнула производителей моющих композиций вводить в составы своих средств другие комплексообразователи и изучать их влияние на экологию.

Все же основной задачей при создании моющих композиций, при всем вышесказанном, является получение средства с эффективным моющим действием, которое будет активно справляться с различного рода загрязнениями, но при этом иметь относительно низкую себестоимость [8].

Одной из характеристик, которая может быть полезна для оценки эффективности моющего средства, является показатель диспергирования загрязнений. Изучение этого процесса позволяет проанализировать поведение частиц загрязнений в жидкой фазе, их стабилизацию и вероятность повторного оседания на очищаемых поверхностях [9, 10].

Метод седиментационных объемов стал наиболее популярным для изучения гидрофилизирующего действия. Суть данного метода заключается в оценке высоты равновесных седиментационных осадков в растворах исследуемых образцов.

Так как введение комплексообразующих компонентов в систему с поверхностно-активными веществами приводит к уменьшению седиментационных объемов, то есть к образованию более плотных осадков, то для изучения поведения и свойств хелатообразующих добавок был выбран данный метод [11].

Материалы и методы исследований

Диспергирование загрязнений является ключевым этапом в процессе очистки тканей и поверхностей, на который существенно влияет комплексообразующий компонент, содержащийся в моющей композиции. Этот показатель имеет большое значение для моющего процесса, так как в ходе диспергирования происходит удержание частиц загрязнений в жидкой фазе, что предотвращает их повторное оседание на очищенных поверхностях. Образующиеся адсорбционно-сольватные слои на поверхности частиц препятствуют их слипанию, создавая устойчивые суспензии и удерживая частицы загрязнений в взвешенном состоянии [12].

Наиболее простой и доступный метод для оценки данного процесса – метод седиментационных объемов, основанный на изучении скорости оседания частиц наполнителя в исследуемых растворах моющих средств, содержащих в своих составах комплексообразователи различной природы, с последующим измерением высот равновесных седиментационных объемов.

Введение комплексообразующего компонента способствует получению плотных осадков, за счет чего и происходит уменьшение седиментационного объема, что делает суспензию более устойчивой.

Для наиболее популярных и широко используемых, на сегодняшний день, комплексообразователей было проведено исследование зависимостей изменений седиментационных объемов суспензии технического углерода.

В первую очередь, для проведения исследования изменения седиментационных объемов была получена моющая композиция, которая включает в свой состав смесь анионных и неионогенных поверхностно-активных веществ, так как эти компоненты являются неотъемлемой частью любой моющей системы. Состав моющей композиции и процентное содержание активных компонентов было одинаковым для всех исследуемых образцов (табл. 1).

Таблица 1

Основные компоненты, входящие в состав исследуемой моющей композиции.

Table 1

The main components of the investigated detergent composition.

Наименование сырьевого компонента	Производитель химического сырья
Лауретсульфат натрия, 2EO	ООО «Норкем», г. Дзержинск
Этоксилированный жирный спирт C12-14, 7EO	ООО «Норкем», г. Дзержинск
Алкилдиметиламиноксид C12-14, 30%	НИИП ПАВ, г. Волгодонск
Феноксиэтанол	ПАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск
Хлорид натрия	ООО "БСК", г. Белгород

Результаты и обсуждения

Далее в полученную систему, содержащую комплекс поверхностно-активных веществ, вводились исследуемые комплексоны и оценивалось

изменение седиментационных объемов в данных системах (рис. 1).

Процентное содержание комплексообразователей в системе составляло 7% для каждого исследуемого представителя.

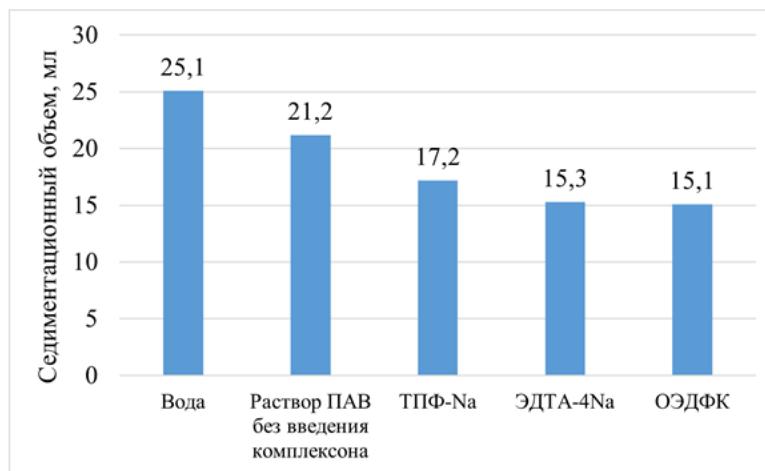


Рис. 1. Зависимость седиментационных объемов супензии технического углерода от состава исследуемых образцов.

Fig. 1. Dependence of sedimentation volumes of carbon black suspension on the composition of the studied samples.

Анализируя полученные зависимости, можно сделать вывод, что в системе, содержащей в своем составе только комплекс поверхностно-активных веществ не происходит желаемого снижения седиментационного объема.

В системе, содержащей смесь пенообразователей и триполифосфата натрия, исследуемый показатель снижается до 17,2 мл, что указывает на гидрофилизацию поверхности технического углерода и повышение агрегативной устойчивости системы. Для систем, в которых в качестве комплексообразующих компонентов используются оксиэтилендифосфоновая кислота и этилендиаминеттаукусная кислота, данный показатель уменьша-

ется до 15,1 мл и 15,3 мл соответственно. Таким образом, можно утверждать, что использование этилендиаминеттаукусной кислоты и оксиэтилендифосфоновой кислоты приводит к более эффективному изменению седиментационных объемов по сравнению с системами, содержащими широко применяемый триполифосфат натрия.

Наибольшее снижение седиментационного объема наблюдается в системе, содержащей также комплекс поверхностно-активных веществ и оксиэтилендифосфоновую кислоту, что говорит об образовании наиболее агрегативно устойчивой супензии, в которой дисперсная фаза становится меньше.

Экспериментально был определен комплексон, обладающий наилучшими показателями снижения седиментационного объема в системе «ПАВ-комплексон».

Как было сказано ранее, при производстве моющих средств большую роль играет себестоимость товара, на которую, в первую очередь, будет влиять процентное содержание и себестоимость компонентов, входящих в состав рецептуры.

Так как изначально в исследуемую систему вводилось по 7% каждого комплексообразующего

компонентта (на основании изученной литературы, данное значение является усредненным в технологии производств моющих средств), далее было проведено исследование изменений седиментационных объемов от процентного содержания оксиэтилендифосфоновой кислоты в моющей композиции (рис. 2) [15].

Для этого были получены образцы моющих композиций, в состав которых входит 0,5, 1, 3, 5, 7, 10% оксиэтилендифосфоновой кислоты.

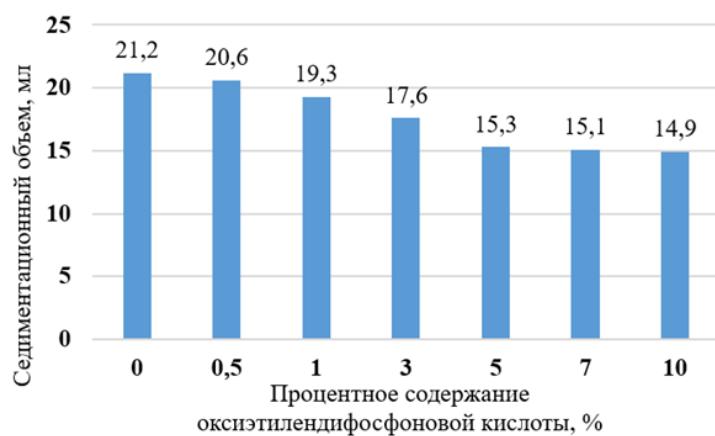


Рис. 2. Зависимость изменения седиментационных объемов от процентного содержания оксиэтилендифосфоновой кислоты в составе моющей композиции.

Fig. 2. Dependence of sedimentation volume changes on the percentage of oxyethylene diphosphonic acid in the detergent composition.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод, что значительное снижение седиментационного объема происходит при введении 5% комплексообразователя и выше.

Введение 5% оксиэтилендифосфоновой кислоты дает такие же показатели снижения седиментационного объема, как при введении 7% этилендиаминететрауксусной кислоты (рис. 1), что говорит о наиболее экономически выгодном использовании оксиэтилендифосфоновой кислоты в производстве.

Также, стоит отметить, что наиболее применяемый и распространённый комплексообразователь триполифосфат натрия, при процентном содержании 7% проявляет незначительно лучшие показатели снижения седиментационный активности, в сравнении с введение в состав композиции 3% оксиэтилендифосфоновой кислоты.

Введение 7% триполифосфата натрия снижает седиментационный объем в системе до 17,3 мл в то время, как введение 3% оксиэтилендифосфоновой кислоты снижает этот показатель до 17,6 мл.

Таким образом, использование оксиэтилендифосфоновой кислоты в производстве моющих композиций может быть оправдано не только с

точки зрения повышения эффективности очистки, но и в контексте долгосрочной экономической выгоды. Несмотря на более высокую первоначальную стоимость, её способность улучшать агрегативную устойчивость позволяет добиться лучших результатов в процессе очистки и отстирывания, что, в свою очередь, приведет к снижению затрат на дополнительные компоненты и повышению общей эффективности моющих средств.

Кроме того, применение оксиэтилендифосфоновой кислоты может способствовать улучшению экологических характеристик продукции, что играет большую роль в условиях современного рынка. Таким образом, инвестиции в более эффективные и экологически безопасные компоненты могут оказаться целесообразными и выгодными как для производителей, так и для конечных потребителей.

Помимо этого, необходимо обратить внимание, что введение 10% оксиэтилендифосфоновой кислоты в состав моющей композиции позволяет получать наименьший седиментационный объем.

Стоит заметить, что при введении комплексообразователя в процентном содержании 5, 7 и 10% происходит незначительное изменение показате-

лей седиментационного объема, разница составляет лишь 0,4 мл.

Таким образом, можно утверждать, что в целях экономической выгоды и получения адекватной себестоимости моющего продукта, необязательно в состав композиции вводить 10% комплексообразователя.

Введение в рецептуру моющего средства 5% оксиэтилендифосфоновой кислоты позволяет в достаточной степени уменьшить седиментационный объем суспензии, то есть получить устойчивые агрегативные системы с плотным осадком, в

которых дисперсная фаза достаточно мала.

Для того, чтобы убедится в достаточной эффективности применения оксиэтилендифосфоновой кислоты в составе моющей композиции с помощью световой микроскопии было проведено исследование степени дисперсности частиц технического углерода, вводимого в системы. На рис. 3 представлены снимки осадков технического углерода в системах моющей композиции, содержащей в своих составах оксиэтилендифосфоновую кислоту в процентном соотношении 3%, 5%, 7%.

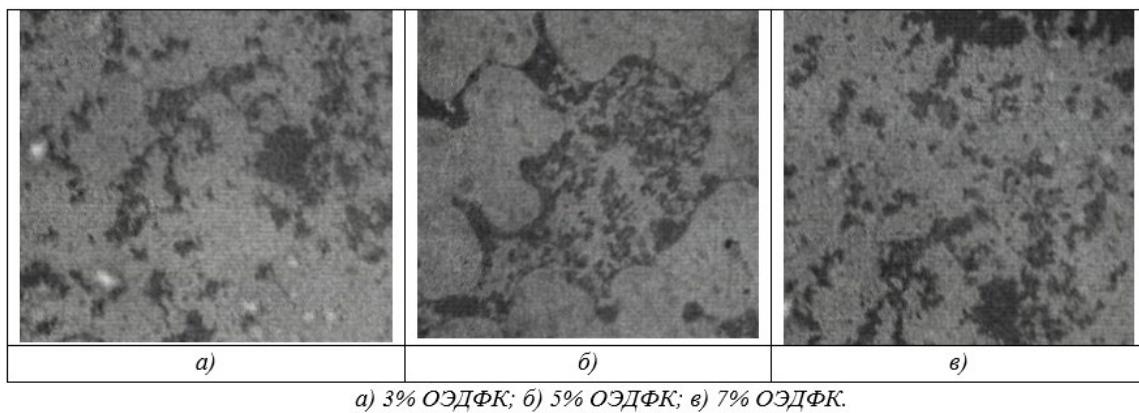


Рис. 3. Результаты световой микроскопии осадков введенного технического углерода в состав моющей композиции с различным процентным содержанием оксиэтилендифосфоновой кислоты.

Fig. 3. Results of light microscopy of precipitation of introduced carbon black into the composition of a detergent composition with a different percentage of oxy-ethylene diphosphonic acid.

Анализируя полученные снимки можно сделать вывод, что введение в состав 5% оксиэтилендифосфоновой кислоты позволяет получать достаточно плотные, устойчивые осадки, что говорит об эффективности применения данного комплексообразователя.

Также, можно заметить, что при введение 7% комплексона, не наблюдается значительных изменений в результатах.

Таким образом, как говорилось ранее, введение в состав моющей композиции 5% оксиэтилендифосфоновой кислоты является оптимальным значением.

Выходы

В работе с помощью метода седиментационных объемов проведены анализ и оценка эффективности комплексообразующих добавок.

Установлено, что наилучшую эффективность проявила оксиэтилендифосфоновая кислота.

Исследование зависимости седиментационных объемов от процентного содержания оксиэтилендифосфоновой кислоты в составе моющего средства показало, что оптимальным является введение 5% комплексона.

Таким образом, можно утверждать, что введение комплексообразователя в состав моющей композиции является обязательным этапом.

Установлено, что оксиэтилендифосфоновая кислота в рецептуре моющего средства позволяет улучшить диспергирование и значительно повысить стабильность технического углерода в суспензии.

Финансирование

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова

Список источников

1. Паронян В.Х., Гринь В.Т. Технология синтетических моющих средств. М.: Изд-во Химия, 1983. 455 с.
2. Кузнецова Е.В., Кузнецов Н.М., Калинин К.Т., Лебедев-Степанов П.В., Новиков А.А., Чвалун С.Н. Роль комплексного подхода при определении размеров наночастиц в дисперсиях // Коллоидный журнал. 2022. № 6. С. 740 – 752.
3. Евгеньев А.С., Иващук П.Р. Перспективы развития жидких моющих средств // Тренды рынка бытовой химии. 2023. № 3. С. 218 – 222.
4. Мажидов К.Х., Саидвалиев С.С. Оптимизация состава основы моющего средства и изучение изменений её свойств при хранении // Технические науки. 2021. № 2. С. 26 – 30.
5. Мешалкин В.П., Кулов Н.Н., Гусева Т.В., Тихонова И.О., Бурвикова Ю.Н., Бхимани Ч., Щелков К.А. Наилучшие доступные технологии и зеленая химическая технология: возможности сближения концепций // Теоретические основы химической технологии. 2022. № 6. С. 670 – 677.
6. Клепикова М.А., Ключникова Н.В., Городов С.И., Маркин А.М. Влияние комплексонов на показатели смачивания в технологии производства моющих средств // Молодежный вестник Новороссийского филиала БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 4. С. 105 – 111.
7. Cheryl H., Craig B. Toxicity tests sought for plastic on detergent pods // Industrial and engineering chemistry research. 2022. № 41. P. 16 – 20.
8. Yonglei W., Wumanjiang E. Synthesis of Environmentally Friendly Calcium Oleate Detergent // Industrial and engineering chemistry research. 2018. № 47. P. 22 – 26.
9. Nakamura A., Muramatsu M., Colloidal interface of scientific technology // Physics and chemistry. 2021. № 5. P. 245 – 250.
10. Болелый В.Ф., Васильев В.П. Оценка потребительских свойств СМС в практических условиях стирки // Аналитические основы анализа поверхностно-активных веществ. 2019. № 15. С. 48 – 51.
11. Нагибина В.В., Ребезов М.Б., Анохина Е.С. Разработка мультиферментных моющих средств для предприятий пищевой промышленности // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 214 – 216.
12. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества и моющие средства. М.: Наука, 2005. 324 с.

References

1. Paronyan V.Kh., Grin' V.T. Technology of synthetic detergents. Moscow: Chemistry Publishing House, 1983. 455 p.
2. Kuznetsova E.V., Kuznetsov N.M., Kalinin K.T., Lebedev-Stepanov P.V., Novikov A.A., Chvalun S.N. The role of an integrated approach in determining the size of nanoparticles in dispersions. Colloid Journal. 2022. No. 6. P. 740 – 752.
3. Evgeniev A.S., Ivashchuk P.R. Prospects for the development of liquid detergents. Trends in the household chemicals market. 2023. No. 3. P. 218 – 222.
4. Majidov K.Kh., Saidvaliev S.S. Optimization of the composition of the detergent base and the study of changes in its properties during storage. Engineering sciences. 2021. No. 2. P. 26 – 30.
5. Meshalkin V.P., Kulov N.N., Guseva T.V., Tikhonova I.O., Burvikova Yu.N., Bhimani Ch., Shchelkov K.A. Best available technologies and green chemical technology: possibilities for bringing concepts closer together. Theoretical foundations of chemical technology. 2022. No. 6. P. 670 – 677.
6. Klepikova M.A., Klyuchnikova N.V., Gorodov S.I., Markin A.M. The influence of complexones on wetting indicators in the technology of detergent production. Youth Bulletin of the Novorossiysk branch of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 4. P. 105 – 111.
7. Cheryl H., Craig B. Toxicity tests sought for plastic on detergent pods. Industrial and engineering chemistry research. 2022. No. 41. P. 16 – 20.
8. Yonglei W., Wumanjiang E. Synthesis of Environmentally Friendly Calcium Oleate Detergent. Industrial and engineering chemistry research. 2018. No. 47. P. 22 – 26.
9. Nakamura A., Muramatsu M., Colloidal interface of scientific technology. Physics and chemistry. 2021. No. 5. P. 245 – 250.
10. Bolely V.F., Vasiliev V.P. Evaluation of consumer properties of detergents in practical washing conditions. Analytical foundations of the analysis of surfactants. 2019. No. 15. Pp. 48 – 51.
11. Nagibina V.V., Rebezov M.B., Anokhina E.S. Development of multi-enzyme detergents for food industry enterprises. Young scientist. 2014. No. 8. P. 214 – 216.
12. Abramzon A.A. Surfactants and detergents. Moscow: Nauka, 2005. 324 p.

Информация об авторах

Клепикова М.А., аспирант, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, mariya.klepickova@yandex.ru

Ключникова Н.В., кандидат технических наук, доцент, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 4494.55@mail.ru

Klepikova M.A., Postgraduate student, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, mariya.klepickova@yandex.ru

Klyuchnikova N.V., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 4494.55@mail.ru

© Клепикова М.А., Ключникова Н.В., 2025