

УДК 648.18.092+544.16+544.72

DOI 10.26456/vtchem2026.1.13

## **Оценка взаимосвязи пенообразующей способности и смываемости синтетических моющих средств с поверхностей разного типа**

**Н.Н. Катаева, А.С. Пухова, А.И. Кодолова, Ю.А. Пимонова**

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет»,  
г. Екатеринбург*

Проведено сравнительное исследование взаимосвязи пенообразующей способности и смываемости синтетических моющих средств с поверхностей посуды различного химического состава. В работе проанализированы четыре специализированных средства для мытья детской посуды (ДМС-1 – Bio Mio, ДМС-2 – Детство, ДМС-3 – Eco, ДМС-4 – Mama) и одно универсальное (УМС – Fairy). Пенообразующая способность оценивали по высоте и устойчивости пенного столба. Смываемость с поверхностей стекла, пластика, силикона и керамики определяли кондуктометрическим методом. Установлено, что между пенообразующей способностью и смываемостью для всех исследуемых материалов существует обратная корреляционная зависимость. Сила этой связи максимальна для пластика ( $r = -0,89$ ) и силикона ( $r = -0,73$ ) и минимальна для керамики ( $r = -0,39$ ) и стекла ( $r = -0,46$ ). В большей степени на поверхности пластика адсорбируется высокопенное средство ДМС-1 на основе растительных анионных поверхностно-активных веществ (ПАВ) (смываемость 90,32%). Наихудшая смываемость с керамики выявлена у средства ДМС-4 (92,78%) вследствие хемосорбции сульфонатных ПАВ на активных центрах материала. Наилучшие и наиболее стабильные показатели смываемости со всех типов поверхностей (более 99%) продемонстрировали средства ДМС-2 и УМС, чей сбалансированный состав включает неионогенные ПАВ и комплексоны (Трилон Б), что снижает прочность адсорбционного слоя. Результаты исследования подчеркивают, что безопасность использования моющих средств, особенно для детской посуды, определяется не только их моющей эффективностью (пенообразованием), но и способностью к полному удалению, которая критически зависит как от состава средства, так и от химической природы материала посуды. Полученные данные могут быть использованы для разработки рекомендаций по выбору моющих средств и формированию правил безопасного мытья посуды.

**Ключевые слова:** синтетические моющие средства, пенообразование, смываемость, стеклянная посуда, пластиковая посуда, силиконовая посуда, керамическая посуда.

На сегодняшний день существует большой ассортимент пищевой посуды, в том числе детской, изготавливаемой из различных материалов. Поверхность такой посуды служит не только физическим барьером между пищей и внешней средой, но и потенциальным участником химического взаимодействия, контактируя как с продуктами питания, так и с синтетическими моющими средствами (СМС) [2]. Поэтому качественно вымытая посуда характеризуется отсутствием не только пищевых загрязнений, но и остаточных количеств детергентов.

Несмотря на доступность специальных средств для мытья детской посуды, обычные СМС применяют свыше 90% родителей [7]. Пенообразующая способность – это ключевая характеристика СМС, обеспечивающая его очищающее действие. Пена получается за счет действия его основных компонентов – поверхностно-активных веществ (ПАВ), дифильное строение которых позволяет эффективно удалять загрязнения путем мицеллообразования. Однако, эта же особенность обуславливает высокую адгезию ПАВ к материалам посуды. В результате после ополаскивания часть компонентов СМС (ПАВ, ароматизаторы, консерванты) может оставаться на поверхности в виде остаточных пленок или в микропорах, причем толщина и стабильность этих пленок варьируются в зависимости от типа поверхности и состава средства [4].

Остатки СМС на посуде способны мигрировать в пищу и напитки при последующем использовании. Попадание даже следовых количеств ПАВ в желудочно-кишечный тракт ребенка нежелательно, поскольку они могут оказывать раздражающее действие на слизистые, нарушать микробиоту кишечника и потенцировать аллергические реакции. Кроме того, некоторые анионные ПАВ способны денатурировать белки, что может негативно влиять на активность пищеварительных ферментов [6].

Смываемость СМС определяется комплексом факторов. Состав средства, то есть, тип и концентрация ПАВ, ароматизаторов, консервантов и других добавок напрямую влияют на легкость смывания. Натуральные и биоразлагаемые составы, как правило, смываются лучше средств на основе агрессивных ПАВ. Кроме того, значительную роль играет качество воды, то есть ее температура и жесткость. Теплая вода способствует смыванию, тогда как высокая жесткость может затруднять его из-за образования малорастворимых

соединений [5]. Также нужно учитывать количество средства, время его контакта с поверхностью и тщательность ополаскивания. Использование чрезмерно концентрированного раствора повышает риск образования остаточной пленки даже после ополаскивания.

Таким образом, несмотря на очевидную практическую значимость пенообразования в качестве индикатора моющей способности, его взаимосвязь с таким параметром, как смываемость с поверхности, остается малоизученной. Представляет интерес сравнительное исследование взаимосвязи пенообразования и смываемости с поверхностями из разных материалов, с использованием как специализированных средств для мытья детской посуды, так и универсальных СМС.

**Цель исследования** – оценить взаимосвязь пенообразующей способности и смываемости моющих средств с поверхностями разного типа.

### **Материал и методы**

Для исследования были выбраны моющие средства (МС) для детской посуды: ДМС-1 – Bio Mio (производитель Splat Global, Санкт-Петербург, Россия), ДМС-2 – Детство (производитель Нэфис косметикс, Казань, Россия), ДМС-3 – Есо (производитель Солнце и Луна, Воронеж, Россия), ДМС-4 – Мама (производитель CJ Lion, Южная Корея) и УМС – универсальное моющее средство Fairy. Pure and clean (производитель Procter and Gamble, Новомосковск, Россия). У всех исследуемых средств проанализирован состав, указанный производителем на упаковке. Ранее было изучено влияние этих средств на состояние кожи рук [3].

Для определения пенообразующую способность готовили водный раствор с массовой долей моющего средства 0,2%. Пенообразующую способность определяли по высоте столба пены в см, измеренной через 30 секунд после встряхивания раствора. Далее фиксировали высоту пенного столба в см через 5, 10 и 15 минут.

Смываемость СМС оценивали методом кондуктометрии, для этого удельную электропроводность определяли на приборе «Анион 7020» (НПП Инфраспак-Аналик, г. Новосибирск). Сначала измеряли электропроводность дистиллированной воды, затем готовили контрольный раствор моющего средства с массовой долей 0,2% (в 50 мл дистиллированной воды растворяли навеску средства массой 0,1 г) и измеряли электропроводность полученного раствора. Для моделирования процесса смывания на внутреннюю поверхность чистой, сухой посуды из разных материалов (стекло, пластик, силикон, керамика) наносили 0,1 г средства, затем промывали проточной водой для удаления основного количества средства, после чего проводили

финальное ополаскивание дистиллированной водой. Для сбора остатков средства в промытую посуду наливали 50 мл дистиллированной воды и в течение 30 секунд интенсивно ополаскивали ее стенки, затем определяли электропроводность полученной промывной воды. Процент смываемости (СМ, %) средства рассчитывали по формуле, учитывающей разность электропроводностей ( $\kappa$ , мкСм/см) промывной и дистиллированной воды относительно электропроводности контрольного раствора средства.

$$\text{СМ}(\%) = 1 - \left[ \frac{\kappa \text{ промывной воды} - \kappa \text{ дист. воды}}{\kappa \text{ моющего средства} - \kappa \text{ дист. воды}} \right] \times 100$$

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel. Рассчитаны коэффициенты линейной корреляции  $r$ -Пирсона, интерпретированные с помощью шкалы Чеддока.

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе эксперимента была определена способность средств для мытья посуды к пенообразованию (см. рис. 1). После встряхивания одинаковых объемов растворов в стеклянных цилиндрах, закрытых пробкой, в течение 30 секунд у всех СМС образовалась пена в диапазоне высоты от 12 до 19 см.

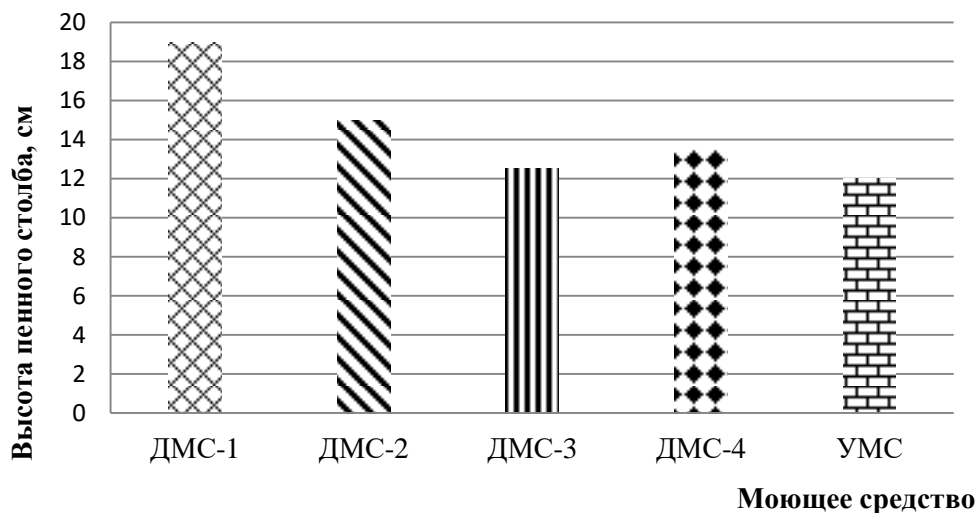


Рис. 1. Способность моющих средств к пенообразованию

У ДМС-1 наблюдается самая высокая способность к пенообразованию, возможно, это обусловлено наличием в его составе

анионных поверхностно-активных веществ. Именно они наиболее эффективно снижают поверхностное натяжение и формируют устойчивую пену благодаря сильному электростатическому отталкиванию заряженных головок молекул в мыльной пленке. УМС обладает самой низкой пенообразующей способностью, что может быть связано с присутствием неионогенных ПАВ. Их молекулы не несут электрического заряда, и когда они попадают в мыльную плёнку, созданную анионными ПАВ, то встраиваются между заряженными молекулами. В результате электростатическое отталкивание между пузырьками снижается, пена становится менее устойчивой и быстро разрушается. ДМС-2, ДМС-3 и ДМС-4 образуют пену средней высоты (рис. 1), анализ состава, указанного на упаковке, показал наличие не только неионогенных и анионных ПАВ, но и амфотерных ПАВ, которые способны конкурировать с анионными ПАВ за место на границе раздела фаз. Так как амфотерные ПАВ адсорбируются на поверхности, но не создают сильного электростатического отталкивания, пенообразование снижается до среднего уровня.

Далее отслеживали устойчивость пены во времени (см. рис. 2).

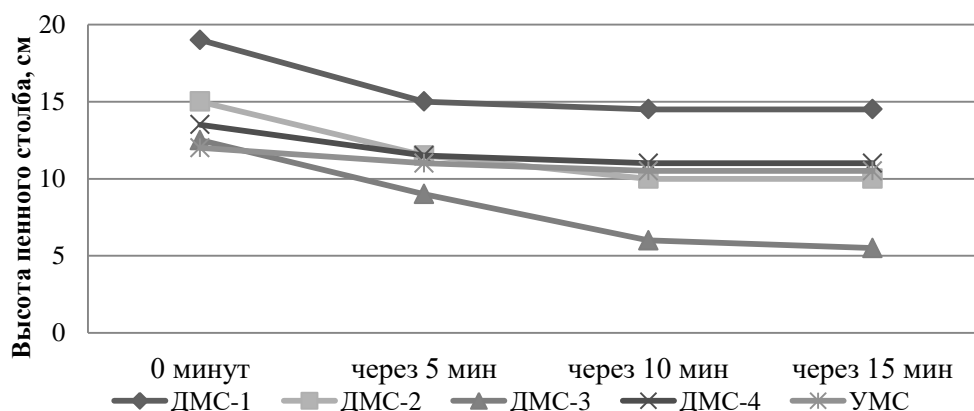


Рис. 2. Устойчивость пены во времени

В ходе исследования у ДМС-1 была выявлена наибольшая устойчивость пены. Производитель указал наличие в составе этого моющего средства экстракта семян хлопка, выполняющего роль стабилизатора. Экстракт хлопка – природный полимер, который увеличивает вязкость раствора, замедляя стекание воды из плёнок между пузырьками, что является основной причиной разрушения пены. Кроме того, в состав ДМС-1 входят этилендиаминотетрацетат ионы (ЭДТА), которые связывают катионы жёсткости воды и предотвращают образование нерастворимых солей с анионными ПАВ, разрушающими пенную структуру. Для ДМС-3 обнаружена наименьшая устойчивость

пены, что можно объяснить отсутствием в его составе перечисленных выше стабилизаторов. При этом содержащиеся в ДМС-3 пеномодификаторы, наоборот, способствуют снижению устойчивости пены, с целью обеспечения лёгкого смывания.

Для определения показателей смываемости СМС методом кондуктометрии были произведены промежуточные измерения, результаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Удельная электропроводимость исследуемых растворов

Моющее средство	Удельная электропроводимость, мкСм/см				
	раствора моющего средства, 0,2 %	раствора после промывания стекла	раствора после промывания пластика	раствора после промывания силикона	раствора после промывания керамики
ДМС-1	40, 6	4	7	4,2	5,2
ДМС-2	222, 4	4	4,1	4,3	3,8
ДМС-3	100	4,5	4,5	3,8	4,0
ДМС-4	71, 3	4,2	3,6	4,2	8,3
УМС	87, 9	4	3,9	3,7	3,6

Полученные данные электропроводимости были использованы для расчета смываемости, в соответствии с формулой, указанной ранее (см. материал и методы). Результаты вычислений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели смываемости исследуемых моющих средств

Моющее средство	Смываемость, %			
	со стекла	с пластика	с силикона	с керамики
ДМС-1	98, 39	90, 32	97, 85	95, 16
ДМС-2	99, 73	99, 68	99, 59	99, 82

ДМС-3	98, 86	98, 86	99, 59	99, 38
ДМС-4	98, 82	99, 71	98, 82	92, 78
УМС	99,29	99, 41	99, 00	99,76

В соответствии с методом определения смываемости посуды по ГОСТу-32443-2013 считается удовлетворительным остаточное содержание ПАВ в промывной воде в количестве не более 0,5 мг/дм<sup>3</sup> и 0,1 мг/дм<sup>3</sup> для анионных и неионогенных ПАВ, соответственно [1]. Для достижения таких результатов процент смываемости должен превышать 99%.

По результатам эксперимента обнаружено, что ДМС-1 имеет наилучшую смываемость со стекла, которое имеет гладкую, гидрофильную поверхность с минимальной шероховатостью и пористостью. ПАВ адсорбируются на ней слабо за счёт водородных связей полярных головок с гидроксо-группами. При этом образуется слой, который легко разрушается водой. Самая низкая смываемость ДМС-1 наблюдается с поверхности пластиковой посуды, возможно, входящие в его состав растительные поверхностно-активные вещества прочно связываются с гидрофобным полипропиленом (полимер пластика), за счет дисперсионного воздействия. Отсутствие в составе синтетических неионогенных ПАВ (НПАВ), которые могли бы разрыхлить этот слой, приводит к формированию плотной и устойчивой плёнки, плохо удаляемой при ополаскивании.

У ДМС-2 и УМС высокий показатель смываемости с керамической посуды, что можно объяснить тем, что анионные ПАВ, которые содержат данные моющие средства, образуют на границе раздела фаз не плотную, а рыхлую, гидратированную пленку, которая легко разрушается потоком воды. Низкий процент смываемости этих средств с поверхности силиконовой посуды, которая характеризуется плотным расположением метильных групп полидиметилсилоксана – основной полимерной цепи силиконовых каучуков. Неполярные гидрофобные фрагменты ПАВ способны связываться с метильными группами силоксановой поверхности за счет дисперсионного взаимодействия. Важно отметить, что ДМС-2 и УМС показали самые высокие показатели смываемости (более 99%) со всех типов посуды.

ДМС-3 отличается хорошей смываемостью с силиконовой посуды. Амфотерные ПАВ, входящие в его состав, выполняют функцию, аналогичную НПАВ, но через иной механизм. Их дипольные молекулы нарушают упорядоченность адсорбционного слоя анионных

ПАВ. В результате они делают слой более рыхлым и менее прочно связанным с материалом.

Для ДМС-4 обнаружена наилучшая смываемость с пластика, что можно объяснить сочетанием определенных компонентов в составе МС. Комбинация анионных ПАВ (лаурилсульфат, алкилбензолсульфонат) с высоким содержанием электролитов (NaCl, NaOH) создаёт в растворе условия для коацервации. Противоионы электролитов нейтрализуют заряды на мицеллах ионогенных ПАВ, заставляя их слипаться в крупные частицы внутри раствора. Эти частицы плохо пристаю к гладкому пластику и легко смываются. Плохая смываемость наблюдается с керамики. Возможно, это обусловлено способностью сульфогрупп лаурилсульфата (анионного ПАВ) ДМС-4, которые вступают в прочную хемосорбцию с ионами  $Fe^{3+}/Al^{3+}$  в порах керамики.

Для оценки зависимости смываемости моющих средств с поверхностей разных видов посуды от их способности к пенообразованию были рассчитаны коэффициенты линейной корреляции Пирсона ( $r$ ). Выявлена обратная связь между пенообразующей способностью и эффективностью смывания для всех исследуемых видов посуды. Это означает, что высокая пенообразующая способность приводит к ухудшению смываемости. Сила этой связи варьируется в зависимости от материала поверхности. Для пластиковой посуды обнаружена обратная высокая связь ( $r = -0,89$ ), то есть, для её поверхности повышение пенообразующей способности моющего средства является фактором, существенно затрудняющим его последующее смывание. Для силиконовой посуды выявлена обратная высокая связь ( $r = -0,73$ ). На её поверхности также наблюдается ухудшение смываемости с ростом количества пены, однако эта зависимость выражена менее сильно, чем в случае с пластиком. Для стеклянной и керамической посуды установлена умеренная обратная связь ( $r = -0,46$  и  $r = -0,39$ , соответственно). Большое количество пены на стекле и керамике понижает процент смываемости, но в меньшей степени.

Таким образом, можно сделать вывод, что материал посуды является значимым фактором, влияющим на взаимосвязь между пенообразованием и смываемостью. Наиболее критично высокое пенообразование для смываемости с пластиковых и силиконовых поверхностей, в то время как с наиболее инертных и гладких поверхностей, таких как стекло и керамика, моющие средства смываются эффективнее даже при склонности к образованию пены.

### **Заключение**

На основании проведённого экспериментального исследования можно заключить, что между пенообразующей способностью моющих средств и их смываемостью существует отрицательная корреляция. То есть, чем активнее средство пенится, тем труднее полностью удалить его с поверхности посуды после мытья. Эта закономерность справедлива для всех изученных материалов, однако её выраженность напрямую связана с природой самой поверхности. Легче всего исследуемые СМС смываются со стекла и керамики, в то время как, при мытье пластика и силикона процент смываемости сильно пенящихся средств снижается. Можно отметить, что моющие средства на основе анионных ПАВ с натуральными стабилизаторами, формирующие самую стойкую пену, оставляют наибольший остаточный слой на пластике. В то же время средства, содержащие неионогенные ПАВ или пеномодификаторы, демонстрируют отличную смываемость даже при умеренном пенообразовании.

Таким образом, для обеспечения максимальной безопасности, особенно при мытье детской посуды, необходимо осознанно подходить к выбору средства. Для пластиковых и силиконовых изделий целесообразно использовать низкопенистые составы и уделять особое внимание тщательному, продолжительному ополаскиванию. Полученные результаты также свидетельствуют в пользу посуды из стекла и керамики, с которых моющие средства смываются наиболее полно, минимизируя риск попадания остатков ПАВ в пищу.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что у них нет известных им конкурирующих интересов, которые могли бы повлиять на работу, представленную в настоящей статье.

### **Список литературы**

1. ГОСТ 32443-2013 Товары бытовой химии. Метод определения смываемости с посуды. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293774/4293774474.pdf>
2. Ершова О.В. и др. Исследование свойств синтетических и биоразлагаемых полимеров, с целью возможности их использования в пищевой отрасли // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. №. 1 (91). С. 245-251. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-svoystv-sinteticheskikh-i-biorazlagaemyh-polimerov-s-tselyu-vozmozhnosti-ih-ispolzovani-v-pischevoy-otrasli>
3. Катаева Н.Н., Наронова Н.А., Саркисян Н.Г., Воронцова М.А. Влияние бытовых детергентов на гидролипидный баланс защитных тканей

- организма // *Врач*. 2025. Т. 36, № 10. С. 73-76. DOI: 10.29296/25877305-2025-10-15
4. Луценко Н.Г. Практикум по технологии косметических средств. Биологически активные вещества в косметике. М.: Школа косметических химиков, 2004. 157 с. URL: <https://catalog.belstu.by/catalog/books/doc/245167/info>
  5. Мансураева Л.М. и др. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение // *Вестник магистратуры*. 2022. № 2-1(125). С. 30-35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poverhnostno-aktivnye-veschestva-svoystva-i-primenenie>
  6. Меметов Ч.И., Аблякимов Р.Р., Лахно В.А. Влияние бытовой химии на гигиену и здоровье: риски и рекомендации // *Биология и интегративная медицина*. 2024. №. 6 (71). С. 142-157. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-bytovoy-himii-na-gigienу-i-zdorovie-riski-i-rekomendatsii>
  7. Сметанина Е.О. Экологические аспекты использования бытовых синтетических моющих средств // *Юный ученый*. 2024. № 10 (84). С. 45-51. URL: <https://moluch.ru/young/archive/84/4662>

*Об авторах:*

КАТАЕВА Наталья Николаевна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры общей химии Уральского государственного медицинского университета (620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3); e-mail: [kataeva.nn@mail.ru](mailto:kataeva.nn@mail.ru), ORCID: 0000-0002-2847-8810, SPIN-код: 5105-9731, AuthorID: 148882.

ПУХОВА Анна Сергеевна – студент 1 курса института клинической медицины Уральского государственного медицинского университета (620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3); e-mail: [annapuhova2005@yandex.ru](mailto:annapuhova2005@yandex.ru), ORCID: 0009-0006-8060-9706.

КОДОЛОВА Алиса Игоревна – студент 2 курса института педиатрии и репродуктивной медицины Уральского государственного медицинского университета (620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3); e-mail: [kodolova.alica@mail.ru](mailto:kodolova.alica@mail.ru), ORCID: 0009-0007-3332-8693.

ПИМОНОВА Юлия Айдаровна – студент 2 курса института педиатрии и репродуктивной медицины Уральского государственного медицинского университета (620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3); e-mail: [pimonova@mail.ru](mailto:pimonova@mail.ru), ORCID: 0009-0009-3361-7609.

## Relationship evaluation between foaming and washability of syntetic detergens from different surfaces types

N.N. Kataeva, A.S. Puhova, A.I. Kodolova, U.A. Pimonova

*Ural State Medical University, Yekaterinburg*

A comparative study of the relationship between the foaming ability and rinseability of synthetic detergents from dishware surfaces with different chemical compositions was conducted. The study analyzed four specialized detergents for washing children's dishes (DMS-1 – Bio Mio, DMS-2 – Detstvo, DMS-3 – Eco, DMS-4 – Mama) and one universal detergent (UMS – Fairy). Foaming ability was assessed by the height and stability of the foam column. Rinsability from glass, plastic, silicone, and ceramic surfaces was determined using the conductometric method. An inverse correlation was found between foaming ability and rinseability for all the studied materials. The strength of this relationship is maximum for plastic ( $r = -0.89$ ) and silicone ( $r = -0.73$ ) and minimum for ceramics ( $r = -0.39$ ) and glass ( $r = -0.46$ ). DMS-1, a high-foaming detergent based on plant-based anionic surfactants (surfactants), adsorbs to a greater extent on plastic surfaces (90.32% rinseability). DMS-4 demonstrated the worst rinseability on ceramics (92.78%) due to the chemisorption of sulfonate surfactants on the active sites of the material. The best and most consistent rinseability on all types of surfaces (over 99%) was demonstrated by DMS-2 and UMS, whose balanced composition includes non-ionic surfactants and complexones (Trilon B), which reduces the strength of the adsorption layer. The study results emphasize that the safety of detergents, especially for children's dishes, is determined not only by their cleaning effectiveness (foaming), but also by their ability to completely remove the dishwashing liquid, which critically depends on both the composition of the detergent and the chemical nature of the dishware material. The data obtained can be used to develop recommendations for selecting detergents and establishing safe dishwashing practices.

**Keywords:** *synthetic detergents, foaming, rinsability, glassware, plasticware, siliconeware, ceramicware.*

Дата поступления в редакцию: 02.02.2026.

Дата принятия в печать: 06.02.2026.