

ТЕХНОЛОГИЯ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ

УДК [579.63+614.48]:[637.1.02+637.5.02]

Поступила в редакцию 09 декабря 2025 года

*Т.В. Ховзун, Т.А. Савельева, к.в.н., доцент, А.В. Шах, Е.В. Петрущенко
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА CIP-МОЙКИ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАБОЧЕГО РАСТВОРА

*T. Khovzun, T. Savelyeva, A. Shah, E. Petrushchenko
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

EFFICIENCY OF THE CIP-WASHING METHOD WITH REPEATED USE OF THE WORKING SOLUTION

e-mail: t.savelyeva@tut.by, serebrjakova@rembler.ru

В ходе исследования выявлено, что по мере увеличения числа циклов использования рабочего раствора наблюдаются изменения его физико-химических свойств. Концентрация активной щёлочи снижалась после каждого цикла, что связано с нейтрализацией загрязнений и частичным разбавлением. Показатель ХПК возрастал пропорционально количеству циклов, указывая на накопление органических соединений. Микробиологические показатели указывают на необходимость ограничения числа повторных применений раствора для предотвращения накопления устойчивых загрязнений и микроорганизмов.

Ключевые слова: CIP-мойка, циркуляционная мойка, моющие и моюще-дезинфицирующие средства, органические загрязнения, микробиологическая безопасность.

In the course of the study, it was revealed that as the number of cycles of using the working solution increases, changes in its physical and chemical properties are observed. The concentration of active alkali decreased after each cycle, which is due to the neutralization of contaminants and partial dilution. The COD value increased proportionally to the number of cycles, indicating the accumulation of organic compounds. The microbiological indicators indicate the need to limit the number of repeated applications of the solution to prevent the accumulation of persistent contaminants and microorganisms.

Key words: CIP washing, circulating washing, detergents and disinfectants, organic contaminants, microbiological safety.

Введение. Процессы санитарной обработки технологического оборудования в молочной промышленности являются критически важным элементом обеспечения микробиологической безопасности и стабильного качества продукции. В условиях высокой чувствительности молока и молочных смесей к микробиологическому загрязнению эффективность этапов мойки напрямую определяет санитарное состояние оборудования, стабильность технологического процесса и безопасность конечного продукта.

CIP-мойка (Cleaning-in-Place) получила широкое распространение благодаря возможности автоматизации, исключению разборки оборудования и обеспечению высокой повторяемости технологических параметров. В молочной промышленности наиболее распространёнными моющими средствами остаются щёлочные растворы, эффективно удаляющие белково-жировые загрязнения, возникающие при пастеризации, нормализации, сепарировании, ферментации и транспортировке молочного сырья. Используются также импортные концентрированные добавки для кислотных моющих средств [1].

На большинстве предприятий замена моющего раствора производится после каждого или нескольких циклов, что обусловлено потенциальным снижением концентрации активных компонентов, изменением pH, накоплением органических

остатков и повышением микробного числа. Однако подобный подход приводит к увеличению затрат химических реагентов, воды, энергоресурсов и увеличению объёма сточных вод [3]. В условиях роста требований к экологической устойчивости и оптимизации операционных затрат всё большее значение приобретает оценка возможности многократного использования моющих растворов без снижения эффективности СІР-мойки.

Несмотря на наличие отдельных исследований [2, 4] по стабильности щёлочных моющих растворов и их способности сохранять моющую активность при повторном использовании, систематизированных данных, отражающих влияние многократного рецикла на эффективность удаления типичных молочных загрязнений, недостаточно. Также недостаточно изучены параметры, критические для сохранения работоспособности раствора при повторных циклах, включая концентрацию поверхностно-активных веществ, степень органического загрязнения, температуру, длительность контакта и турбулентность потока.

В этой связи исследование эффективности СИП-мойки при многократном использовании рабочего раствора щёлочи является актуальной задачей, имеющей значительное значение как для повышения производственной эффективности, так и для уменьшения экологической нагрузки. Зачастую наблюдается нехватка практических рекомендаций, учитывающих реальные условия производства, типовые загрязнения молочного оборудования и влияние многократного рецикла раствора на эффективность СІР-мойки.

Цель исследования – оценить изменение эффективности СІР-мойки при многократном использовании рабочего раствора щёлочи и определить предельное количество циклов его повторного применения, обеспечивающее требуемый санитарный уровень оборудования.

Метод и методология проведения исследований. Исследовали последовательные циклы СІР-мойки технологического оборудования (вакуум-выпарная установка, резервуары сырого молока, технологическое оборудование цеха молочной продукции) молокоперерабатывающего предприятия, при которых один и тот же рабочий раствор использовался многократно (до 4–5 циклов). При этом отбирали пробы раствора после каждого цикла и анализировали органолептические и физико-химические параметры.

Моющую способность моющих и моюще-дезинфицирующих средств определяли по методике, изложенной в ОСТ 6-15-1662-90 Средства чистящие бытовые. Методика определения моющей способности.

Изучение антимикробной активности в лабораторных условиях проводили согласно: «Методы проверки и оценки антимикробной активности дезинфицирующих и антисептических средств» Инструкция по применению № 11-20-204-2003, утв. 22.12.2003 г.

Для оценки эффективности моющих и моюще-дезинфицирующих средств, а также установленных режимов их применения при санитарной обработке технологического оборудования методом СІР-мойки были взяты пробы на остаточное количество белка при помощи индикаторных тестов «Rida Check», на остаточное количество жира согласно «Простейшие инструментальные методы контроля в практике санитарно-пищевого надзора» (Методическое письмо Министерства здравоохранения СССР, 1979 г.), а также был произведен отбор проб смывов и отпечатков с поверхности технологического оборудования для определения фактической контаминации до мойки и после многократного использования моющих и моюще-дезинфицирующих.

Микробиологические исследования проводили по следующим показателям: КМАФАнМ по ГОСТ 10444.15-94, БГКП по ГОСТ 31747-2012, *Staphylococcus aureus* по ГОСТ 30347-2016, *Listeria monocytogenes* по ГОСТ 32031-2012.

Взвешенные частицы определяли по методике, изложенной в РД 52.24.468-2019 «Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах». Оценку органического загрязнения (химическое потребление кислорода – ХПК) проводили согласно ГОСТ 31859-2012, показатель концентрации водородных ионов (рН) – ГОСТ 22567.5, в соответствии с инструкцией к иономеру. Органолептические свойства отработанных моющих растворов (мутность, цветность) исследовали по ГОСТ 1030-81.

Результаты и их обсуждение. Для достижения поставленной цели проведены исследования органолептических и физико-химических показателей образцов моющего рабочего раствора средства «Сода каустическая жидкая 50 %» после его многократного использования для проведения санитарной обработки технологического оборудования методом СІР-мойки. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические показатели моющего раствора после его многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования молокоперерабатывающего предприятия

Показатели	Исходный моющий раствор	После 1-ой мойки	После 2-ой мойки	После 3-ой мойки	После 4-ой мойки
1	2	3	4	5	6
Вакуум-выпарная установка					
рН, ед.	13,3±0,3	12,0±0,06	10,8±0,73	9,7±0,05	8,2±0,06
Взвешенные частицы, г/л	0	1,2±0,02	2,67±0,6	3,73±0,7	5,1±0,1
Осадок, % от объема	0	3,03±0,3	4,97±0,9	6,07±0,06	8,1±0,1
Цветность	Бесцветная жидкость	Желто-белая жидкость	Суспензия желто-белого цвета	Суспензия желто-белого цвета	Суспензия желто-белого цвета
Мутность	Мутность не заметна	Слабая опалесцирующая мутность	Мутная жидкость	Мутная жидкость	Сильная мутность
Наличие посторонних запахов	Отсутствует	Отсутствует	Присутствует незначительный запах	Присутствует запах	Присутствует сильный запах
Резервуары сырого молока					
рН, ед.	13,23±0,03	12,1±0,01	11,1±0,01	10,47±0,06	9,53±0,04
Взвешенные частицы, г/л	0	1,03±0,04	1,5±0,01	2,3±0,01	3,83±0,04
Осадок, % от объема	0	1,16±0,06	2,5±0,01	4,3±0,01	5,6±0,03
Цветность	Бесцветная жидкость	Бесцветная жидкость	Слабо-беловатая жидкость	Желто-белая жидкость	Желто-белая жидкость
Мутность	Мутность не заметна	Мутность не заметна	Слабая опалесцирующая мутность	Слабая мутность	Мутная жидкость
Наличие посторонних запахов	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Присутствует запах

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Технологическое оборудование цеха молочной продукции					
рН, ед.	12,76±0,06	11,8±0,01	11,03±0,03	10,36±0,06	9,33±0,03
Взвешенные частицы, г/л	0	1,2±0,03	1,6±0,06	2,83±0,03	4,1±0,01
Осадок, % от объема	0	1,1±0,063	2,7±0,01	3,9±0,03	5,6±0,06
Цветность	Бесцветная жидкость	Бесцветная жидкость	Слабо-беловатая жидкость	Желто-белая жидкость	Желто-белая жидкость
Мутность	Мутность не заметна	Слабая опалесцирующая мутность	Слабая мутность	Мутная жидкость	Сильная мутность
Наличие посторонних запахов	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Присутствует незначительный запах	Присутствует запах

Источник данных: собственная разработка

Как видно из представленных результатов исследований (таблица 1), по мере увеличения числа циклов использования наблюдаются изменения его органолептических и физико-химических показателей рабочего раствора каустической соды.

После многократного использования рабочего раствора для проведения санитарной обработки методом СР-мойки технологического оборудования (вакуум-выпарной установки) получены следующие данные: рН исходного раствора находился на уровне 13,3±0,3 ед., и достоверно снижался при последовательные циклах СР-мойки, достигая значения 8,2±0,06 ед. после 4-го цикла мойки. При этом наблюдалось достоверное накопление взвешенных частиц – полное отсутствие в исходном растворе до 5,1±0,1 г/л после 4-го цикла, нарастал осадок – после 4-й мойки составил 8,1±0,1 % от объема рабочего раствора. Исследования показали, что моющий раствор после 2-ой мойки представлял собой мутную суспензию желто-белого цвета с наличием незначительного запаха, а после 4-го цикла – наблюдалась суспензия желто-белого цвета, сильной мутности с присутствием сильно выраженного запаха. Отмечено, что показатель ХПК возрастал пропорционально количеству циклов и после 4-ой мойки составил 4500±0,5 мг О₂/л, указывая на накопление органических соединений.

Как видно из представленных результатов исследований образцов рабочего раствора при многократном его использования при санитарной обработке технологического оборудования цеха молочных продуктов и резервуаров сырого молока (таблица 1), динамика физико-химических показателей сопровождалась снижением рН, нарастанием количества взвешенных частиц и осадка. Органолептически отмечено изменение цветности рабочего раствора от бесцветной до желто-белой жидкости, увеличение мутности до сильной степени и наличие посторонних запахов, которые присутствовали уже после 3 и 4-го цикла мойки.

Исследование степени загрязненности растворов каустической соды в процессе мойки различных видов оборудования позволили выявить неравномерность количественного и качественного состава отработанного моющего раствора.

Так, степень повышения ХПК и взвешенных веществ особенно возрастала в цехах по производству молочной продукции: творожных изделий, йогуртов, сгущенных продуктов. На поверхности оборудования в процессе выработки подобных продуктов образуются значительные отложения, содержащие белковый, жировой и минеральный компоненты сырья. При этом щелочность растворов каустической соды находилась на требуемом уровне.

Загрязненность же органическими частицами многократно используемого раствора постоянно возрастала (рисунок 1).



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Загрязнение моющего раствора в процессе мойки технологического оборудования: а) резервуаров сырого молока, б) вакуум-выпарной установки, в) технологическое оборудование стерилизованных молочных продуктов (кратность применения раствора: I – исходный; II-после 1-й мойки; III-после 2-й; IV-после 3-й; V-после 4-й; VI – после 5-й мойки)

Источник данных: собственная разработка

Установлено, степень загрязненности (ХПК) отработанных моющих растворов обусловлена на 80–85 % наличием органических веществ, связанных с отложением белковых и жировых фракций молока. При этом наличие высоких концентраций органических частиц приводит к образованию устойчивых эмульсий, ухудшающих массовый обмен и механическое воздействие моющего потока.

Анализ полученных данных показал, что отработанные моющие растворы после мойки резервуаров для молока снизили щелочность на 30–32 %, соответственно снизилась электропроводность в таком же диапазоне. Загрязненность раствора белковыми жировыми остатками молока через 4 мойки составила 2722 мг О₂/л. Микробная контаминация по показателю КМАФАнМ > 100 КОЕ/см³, обнаружены БГКП. Отработанные растворы каустической соды представляли собой мутную жидкость желто-белого цвета с наличием запаха и концентрацией осадка более 5,0 % от объема. Содержание взвешенных частиц составило от 3,8 г/л до 3,9 г/л.

Степень загрязненности органикой отработанных растворов каустической соды после мойки вакуум-выпарных установок выше, чем степень загрязненности рабочих растворов каустической соды после их многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования цеха молочной продукции, технологического оборудования цеха стерилизованных молочных продуктов и резервуаров сырого молока, и уже после 3-й мойки составила 3800 мг О₂/л, что зависит от молочно-белковых фракций, остающихся на поверхности оборудования.

В таблице 2 представлены результаты исследований микробных загрязнений моющего раствора после его многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования.

Таблица 2 – Микробные загрязнения моющего раствора после его многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки

Показатели	Исходный моющий раствор	После 1-ой мойки	После 2-ой мойки	После 3-ей мойки	После 4-ой мойки	После 5-ой мойки
Вакуум-выпарная установка						
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	1,1± 0,1×10 ¹	6,2± 0,09×10 ¹	7,2± 0,1×10 ¹	9,1± 0,1×10 ¹	1,2± 0,09×10 ²	1,1± 0,05×10 ²
БГКП, КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>St. aureus</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>L. monocytogenes</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Резервуар сырого молока						
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	1,0± 0,6×10 ¹	5,1± 0,07×10 ¹	7,8± 0,1×10 ¹	9,1± 0,05×10 ¹	1,2± 0,09×10 ²	1,5± 0,06×10 ²
БГКП, КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,2± 0,03×10 ¹	0,52± 0,08×10 ¹
<i>St. aureus</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>L. monocytogenes</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Технологическое оборудование цеха молочных продуктов						
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	1,1± 0,6×10 ¹	5,4± 0,6×10 ¹	8,6± 0,03×10 ¹	1,2± 0,07×10 ²	1,4± 0,07×10 ²	1,8± 0,07×10 ²
БГКП, КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	0,4± 0,1×10 ¹	0,8± 0,05×10 ¹
<i>St. aureus</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
<i>L. monocytogenes</i> , КОЕ/см ³	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.

Источник данных: собственная разработка

Микробиологический контроль показал, что при использовании раствора до 3-ех циклов остаточное микробное число на поверхностях не превышало нормативных значений. При большем количестве циклов отмечено увеличение микробного числа, что свидетельствует о снижении санитарной эффективности процесса.

Микробная контаминация после мойки вакуум-выпарных установок находилась в пределах допустимого только после трехкратного применения раствора и после четвертой мойки общая бактериальная обсемененность раствора превышала 100 КОЕ/см³. КМАФАнМ в пробах моющих растворов после четвертой мойки резервуаров сырого молока также превышала 100 КОЕ/см³. Кроме этого в пробах были обнаружены бактерии группы кишечной палочки. В пробах рабочих растворов каустической соды после их многократного использования для проведения санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования цеха молочной продукции и санитарной обработки методом СІР-мойки технологического оборудования цеха стерилизованных молочных продуктов микробная контаминация уже после 3-ой мойки превышала пределы допустимого (>100 КОЕ/см³), а после 4-ой мойки также обнаружены БГКП. Таким образом, моющий раствор не только насыщается органическими веществами, но и становится источником микробиологической контаминации.

На основании полученных данных и их анализа были определены два типа критериев качества и безопасности щелочного моющего раствора при многократном его использовании с автоматической подпиткой концентрированным средством:

– основные: рН $\geq 12,0 \pm 1,0$; ХПК: $\leq 2000,0$ мг О₂/л; КМАФАнМ < 100 КОЕ/см³; БГКП: отсутствие в 1 см³,

– факультативные (органолептические и физико-химические показатели): взвешенные частицы $\leq 2,0-2,5$ г/л; осадок от объема моющего раствора ≤ 5 %; запах – отсутствие посторонних запахов.

Выводы: Установлено, что многократное использование моющего рабочего раствора средства «Сода каустическая жидкая 50 %» возможно без потери эффективности СІР-мойки до определённого количества циклов (не более 2 циклов), зависящего от концентрации NaOH и уровня загрязнённости оборудования. При увеличении числа циклов происходит достоверное изменение органолептических и физико-химических параметров раствора: снижение рН раствора (концентрации активной щёлочи), рост содержания органических примесей. Микробиологические показатели также указывают на необходимость ограничения числа повторных применений раствора для предотвращения накопления устойчивых загрязнений и микробных форм.

Таким образом, снижение моющей способности становится статистически значимым при превышении порогового количества циклов использования.

Данные исследования проведены в рамках выполнения задания 5.21. «Исследование эффективности метода автоматизированных циркуляционных систем мойки (СІР-мойки) в установленных режимах при санитарной обработке технологического оборудования» подпрограммы «Продовольственная безопасность» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», 2021 – 2025 годы.

Список использованной литературы

1. Арлашкин, А. А. СІР-мойка в мягкой воде / А. А. Арлашкин // Молочная промышленность. – 2016. – № 4. – С. 70.

1. Arlashkin, A. A. SIP-mojka v myagkoj vode [SIP-washing in soft water] / A.A. Arlashkin // Molochnaya promyshlennost. – 2016. – № 4. – S. 70.

2. Горячий, Н. В. Системы регенерации моющих растворов на молокоперерабатывающих предприятиях / Н. В. Горячий, Т. А. Кравцова, Н. А. Чиков // Молочная промышленность. – 2013. – № 2. – С. 16–18.

3. Загрязненность отработанных моющих растворов при многократном использовании / Ж. И. Кузина, Б. В. Маневич, Т. В. Косьяненко [и др.] // Молочная промышленность. – 2019. – № 11. – С. 54–55.

4. Современные системы CIP-мойки // Молочная промышленность. – 2015. – № 6. – С. 54–55.

2. Goryachiy, N. V. Sistemy regeneracii moyushih rastvorov na molokopererabatyvayushih predpriyatiyah [Detergent solution regeneration systems at milk processing plants] / N. V. Goryachiy, T. A. Kravtsova, N. A. Chikov // Molochnaya promyshlennost. – 2013. – № 2. – S. 16–18.

3. Zagryaznennost otrabotannyh moyushih rastvorov pri mnogokratnom ispolzovanii [Contamination of wastewater detergent solutions during repeated use] / Zh. I. Kuzina, B. V. Manevich, T. V. Kosyanenko [i dr.] // Molochnaya promyshlennost. – 2019. – № 11. – S. 54–55.

4. Sovremennye sistemy CIP-mojki [Modern CIP-washing systems] // Molochnaya promyshlennost. – 2015. – № 6. – S. 54–55.