

ВЛИЯНИЕ РАСХОДОВ ПОДКИСЛЯЮЩЕГО И КОАГУЛИРУЮЩЕГО АГЕНТОВ НА ПРОЦЕСС ВЫДЕЛЕНИЯ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА ИЗ ЛАТЕКСА

И.А. Писарева, Н.С. Никулина, Н.Ю. Санникова, В.М. Мисин, Л.А. Власова, С.С. Никулин

Ирина Александровна Писарева, Лариса Анатольевна Власова (ORCID 0000-0003-1515-8321)*

Кафедра промышленной экологии и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революции, 19, Российская Федерация, 394036

E-mail: ira.pisarewa2017@yandex.ru, vllar65@yandex.ru*

Надежда Сергеевна Никулина (ORCID 0000-0003-2586-7738)

Кафедра специальной подготовки, Воронежский институт повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России, ул. Краснознаменная, 231, Воронеж, Российская Федерация, 394052

E-mail: nikulin.nikuli@yandex.ru

Наталья Юрьевна Санникова, Сергей Саввович Никулин (ORCID 0000-0002-8141-8008)

Кафедра технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революции, 19, Воронеж, Российская Федерация, 394036

E-mail: cnu@inbox.ru

Вячеслав Михайлович Мисин (ORCID 0000-0003-4204-8531)

Лаборатория прикладной электродинамики и фотоники композиционных материалов и наноструктур, Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, ул. Косыгина, 4, Москва, Российская Федерация, 119334

E-mail: misinnn@gmail.com

Представленная работа посвящена совершенствованию стадии выделения крошки эмульсионного бутадиен-стирольного синтетического каучука. Проведена комплексная оценка влияния расхода высокомолекулярного катионного реагента ВПК-10, подкисляющего компонента и температуры на процесс снижения агрегативной устойчивости латексной дисперсии. В работе исследовано влияние количества вводимой серной кислоты на выход выделяемого каучука при температурах 0, 20 и 60 °С. Было обнаружено аномальное поведение процесса при исследовании влияния температуры коагуляции на выход каучука в зависимости от количества добавляемой кислоты. При введении серной кислоты в количестве 15 кг/т каучука повышение температуры потребовало увеличения количества добавляемого коагулянта для достижения полноты выделения каучука. Снижение количества серной кислоты до 10 кг/т каучука потребовало увеличения необходимого количества коагулянта. При этом повышение температуры также потребовало увеличения количества добавляемого коагулянта для максимального эффекта при выделении каучука. Отличительной особенностью при снижении дозировки серной кислоты до 5 кг/т каучука являлось обратное влияние температуры коагуляционного процесса: наибольший расход коагулянта достигали не при 1 °С, а при 60 °С. При этом количество коагулянта, необходимого для максимального извлечения крошки каучука из латекса, сокращалось с повышением температуры. Изменение температурного режима процесса выделения каучука из латекса при снижении кислотности коагулируемой системы, возможно, связано с тем, что при недостатке серной кислоты происходит неполное превращение мыл карбоновых кислот латекса в карбоновые кислоты. Поэтому не происходит существенная дестабилизация латексных глобул, и защитный слой на основе анионного ПАВ не претерпевает глобального разрушения.

Ключевые слова: латекс, катионный реагент, подкисляющий агент, температурный режим, коагуляция

INFLUENCE OF CONSUMPTION OF ACIDIFYING AND COAGULATING AGENTS ON THE PROCESS OF SEPARATING RUBBER FROM LATEX

I.A. Pisareva, N.S. Nikulina, N.Yu. Sannikova, V.M. Misin, L.A. Vlasova, S.S. Nikulin

Irina A. Pisareva, Larisa A. Vlasova (ORCID 0000-0003-1515-8321)*

Department of Industrial Ecology and Technosphere Safety, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution ave., 19, Voronezh, 394036, Russia
E-mail: ira.pisarewa2017@yandex.ru, vllar65@yandex.ru*

Nadezhda S. Nikulina (ORCID 0000-0003-2586-7738)

Department of Special Training, Voronezh Institute for Advanced Training of Employees of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Krasnoznamennaya st., 231, Voronezh, 394052, Russia
E-mail: nikulin.nikuli@yandex.ru

Natalya Yu. Sannikova, Sergey S. Nikulin (ORCID 0000-0002-8141-8008)

Department of Technology of Organic Compounds and Polymer Processing, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution ave., 19, Voronezh, 394036, Russia
E-mail: cnu@inbox.ru

Vyacheslav M. Misin (ORCID 0000-0003-4204-8531)

Laboratory of Applied Electrodynamics and Photonics of Composite Materials and Nanostructures, Institute of Biochemical Physics named after. N.M. Emanuel of the RAS, Kosygina st., 4, Moscow, 119334, Russia
E-mail: misinnn@gmail.com

The presented work is devoted to improving the stage of separating crumbs of emulsion styrene-butadiene synthetic rubber. A comprehensive assessment of the influence of the consumption of the high-molecular cationic reagent VPK-10, the acidifying component and temperature on the process of reducing the aggregative stability of latex dispersion was carried out. The work investigated the effect of the amount of introduced sulfuric acid on the yield of released rubber at temperatures of 0, 20 or 60 °C. Anomalous behavior of the process was discovered when studying the effect of coagulation temperature on rubber yield depending on the amount of added acid. When introducing sulfuric acid in an amount of 15 kg/t of rubber, an increase in temperature required an increase in the amount of added coagulant to achieve complete recovery of rubber. Reducing the amount of sulfuric acid to 10 kg/t of rubber required an increase in the required amount of coagulant. At the same time, the increase in temperature also required an increase in the amount of added coagulant for maximum effect in releasing rubber. A distinctive feature when reducing the dosage of sulfuric acid to 5 kg/t of rubber was the reverse effect of the temperature of the coagulation process. The highest coagulant consumption was achieved not at 1 °C, but at 60 °C. At the same time, the amount of coagulant required for maximum extraction of rubber crumbs from latex decreased with increasing temperature. The change in the temperature regime of the process of separating rubber from latex with a decrease in the acidity of the coagulated system is possibly due to the fact that with a lack of sulfuric acid, incomplete conversion of latex carboxylic acid soaps into carboxylic acids occurs. Therefore, there is no significant destabilization of latex globules and the protective layer based on an anionic surfactant does not undergo global destruction.

Keywords: latex, cationic reagent, acidifying agent, temperature regime, coagulation

Для цитирования:

Писарева И.А., Никулина Н.С., Санникова Н.Ю., Мисин В.М., Власова Л.А., Никулин С.С. Влияние расходов подкисляющего и коагулирующего агентов на процесс выделения бутадиен-стирольного каучука из латекса. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 114–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7048.

For citation:

Pisareva I.A., Nikulina N.S., Sannikova N.Yu., Misin V.M., Vlasova L.A., Nikulin S.S. Influence of consumption of acidifying and coagulating agents on the process of separating rubber from latex. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 11. P. 114–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7048.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире актуальным является производство полимерных материалов. Особое внимание уделяется каучукам, изготавливаемым полимеризацией в эмульсии [1]. Интерес к данному производству не угасает в связи с отсутствием в технологическом процессе дорогостоящих, токсичных, пожаро- и взрывоопасных углеводородных растворителей. Эмульсионные полимеры обладают целым рядом определенных свойств, которые делают их широко востребованными в различных отраслях промышленности [1].

Несмотря на освоение передовых разработок, и в настоящее время не удается снизить экологическую нагрузку при выпуске синтетических полимеров. Основную техногенную опасность представляет выделение каучуковой крошки из латекса с применением коагулирующих систем различной природы. В современных производственных циклах для снижения агрегативной устойчивости латексных дисперсий используются солевые электролиты, дозировку которых выдерживают в пределах десятков (соли металлов второй группы периодической системы) и сотен (соли металлов первой группы периодической системы) килограммов на тонну производимого полимера, которые практически не удаляются из сточных вод, поступающих на очистку с технологических линий выделения каучука. Поступая в природные водные бассейны, они ограничивают возможности применения пресной воды для хозяйственных нужд. Поэтому актуальной на сегодняшний день является замена солевых коагулянтов на другие [2]. Перспективными в этом плане являются органические соединения, содержащие в своем составе азот (соли аммония), а также гибридные коагулянты, содержащие в своем составе соль щелочного металла и четвертичную соль аммония. Аммонийные ионы обладают более крупными размерами и менее гидратированы, чем ионы натрия [3]. В связи с этим, они могут обладать повышенной способностью к флокуляции латексных глобул. Необходимо отметить, что соли аммония входят в состав отходов в ряде химических и нефтехимических производств, утилизация которых имеет большое экологическое значение при разработке малоотходных технологий [4]. Одним из перспективных направлений их утилизации является частичный возврат в производственный цикл. Преимущество в данном случае имеют низкомолекулярные [5-7] или высокомолекулярные [8-10] четвертичные аммонийные соли (ЧАС), так как их требуется значительно

меньше, чем солей щелочных металлов и других неорганических солей. При этом показано, что для коагуляции латексов более эффективны высокомолекулярные ЧАС. Это отражено в обзорах [9, 11-13].

Целесообразность применения полимерных ЧАС различной структуры была отмечена и для коагуляции других объектов [8, 10, 14, 15].

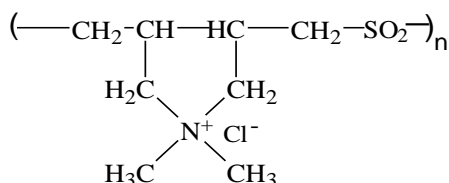
Коагуляцию латексов синтетического каучука исследовали, в основном, с применением гомо- [16, 17], со- [18-20], и привитых [14] полимеров N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида. В проведенных исследованиях по коагуляции латексов синтетического каучука было недостаточно изучено влияние расхода серной кислоты на процесс. При этом представляется важным фактором химическое строение используемого коагулянта. Например, в состав молекул предлагаемых коагулирующих агентов могут входить группы, повышающие их кислотность, как в случае сополимера N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида с фумаровой [20] или малеиновой кислотами [18, 21]. Кроме того, коагулирующий агент, входящий в состав коагулирующих композиций, не является индивидуальным и может содержать примесное вещество, способное повышать кислотность приготовленного водного раствора композиционного коагулянта.

Повышенная кислотность коагулянтов способна оказать влияние и на количество вводимой серной кислоты. Чем выше рН системы, тем меньше ее требуется.

Целесообразно с этой точки зрения рассмотреть сополимер N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида с оксидом серы (VI). Промышленные водные растворы этого сополимера обладают повышенной кислотностью (рН ~ 2, а кислотность водного раствора ВПК- 402 ~ 6), что может упростить процесс выделения каучука, заключающийся в снижении или даже полном исключении из коагуляционного процесса подкисляющего агента - раствора серной кислоты. Помимо того, цена ВПК-402 несколько выше, чем у ВПК-10 (ВПК-402, 3447 \$/т, - ВПК-10, 3330 \$/т). Катионный полиэлектролит поли-N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорид (ВПК-402) представляет собой бесцветную жидкость с концентрацией не менее 25%, без посторонних включений 4 класса опасности (ТУ 2227-184-00203312-2012).

Высокая кислотность водного раствора ВПК-10 позволяет получить каучук с меньшим содержанием в нем мыл карбоновых кислот и других компонентов эмульсионной системы, что позволяет получить резиновые смеси и вулканизаты с улучшенным комплексом свойств.

Ранее был исследован сополимер под торговым названием «ВПК-10» в качестве коагулянта [22]. Структура чередующегося сополимера ВПК-10 представлена формулой:



Было обнаружено, что максимальную эффективность извлечения каучука СКС-30 АРК из латекса достигали при количестве вводимого сополимера 9 кг/т каучука и дозировке серной кислоты 8 кг/т каучука.

Одним из составных компонентов в коагулирующей системе является подкисляющий агент, который способствует снижению величины pH среды до необходимого уровня (2,5-3,5). Однако более подробных сведений о влиянии дозировки серной кислоты на процесс выделения каучука из бутадиен-стирольного латекса представлено не было.

Цель данной работы – исследование влияния количеств коагулирующих агентов и серной кислоты на эффективность процесса выделения бутадиен-стирольного каучука СКС-30 АРК из латекса.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Процесс выделения каучука из латекса осуществляли водным раствором сополимера N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида с оксидом серы (ВПК-10) с концентрацией 2,0% мас. [22]. Исходный 44% мас. раствор ВПК-10 представляет собой вязко текучую жидкость желтого цвета с сильнокислой реакцией (pH ~ 0,2). Характеристическая вязкость раствора сополимера ВПК-10, измеренная при температуре 20± °С в присутствии 0,2 М хлорида натрия для подавления эффекта полиэлектролитного набухания, оказалась равной $[\eta] = 0,056$ дл/г. Это говорит о невысокой средней молекулярной массе сополимера.

В качестве латекса использовали бутадиен-стирольный латекс каучука СКС-30 АРК, отобранный с действующего промышленного производства. Латекс имел следующие характеристики, определенные при 20± °С: содержание полимера в латексе 21,8% масс.; поверхностное натяжение $[\sigma]$, 58,6 мН/м; водородный показатель латекса 9,6; содержание связанного стирола, 22,5% масс.

Коагуляцию латексной дисперсии осуществляли традиционным способом, изложенным в работе [23]: в латекс, помещенный в емкость для

коагуляции, вводили заданное количество коагулянта – 2% мас. водный раствор ВПК-10, а также 2,0% мас. водный раствор серной кислоты. Температурный режим процесса – 1, 20 и 60 ± 1 °С. Образование крошки каучука оценивали визуально по прозрачности серума и гравиметрически. Выделяющуюся крошку полимера удаляли из водной фазы и проводили обезвоживание в сушильном агрегате при температуре 82-85 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Итоги исследования, представленные в табл. 1, 2, 3, свидетельствуют о том, что на агломерацию латексных глобул существенно влияли количество ВПК-10, температура процесса и расход серной кислоты.

При дозировке серной кислоты 15 кг/т каучука и температуре 1 °С полная коагуляция наблюдалась при расходе ВПК-10 0,25 кг/т каучука (табл. 1). Повышение температуры до 20 °С увеличивает расход ВПК-10 до 0,5 кг/т каучука. Полную коагуляцию достигли при самом высоком из рассматриваемых температурных режимов (60 °С) и при расходе коагулянта 2,0 кг/т каучука. Величина pH водной фазы (серума) после отделения крошки каучука составляла 2,4-2,6 и не зависела от температуры коагуляционного процесса.

Таблица 1

Коагуляция синтетического латекса при расходе подкисляющего агента 15 кг/т каучука
Table 1. Coagulation of synthetic latex at an acidifying agent consumption of 15 kg/t of rubber

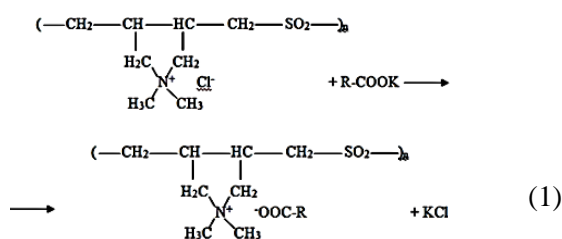
Результаты эксперимента	Количество расходуемого коагулянта, кг/т каучука					
	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0
Температура 1 °С						
рН водной фазы	2,4	2,6	2,5	2,7	-	-
Выход крошки каучука, %	72,0	91,2	91,5	92,8	-	-
Эффективность процесса	кнп	кп	кп	кп	-	-
Температура 20 °С						
рН водной фазы	-	2,7	2,7	2,6	-	-
Выход крошки каучука, %	-	61,4	93,1	94,9	-	-
Эффективность процесса	-	кнп	кп	кп	-	-
Температура 60 °С						
рН водной фазы	-	-	2,5	2,5	2,6	2,6
Выход крошки каучука, %	-	-	45,5	60,0	92,1	92,7
Эффективность процесса	-	-	кнп	кнп	кп	кп

Примечание: эффективность процесса - коагуляция неполная (кнп); коагуляция полная (кп).

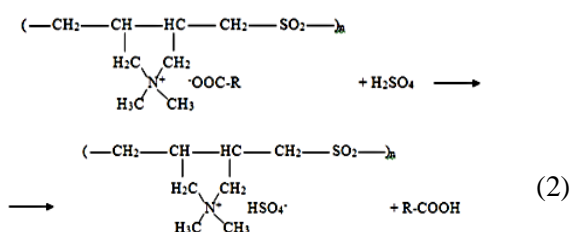
Note: process efficiency - incomplete coagulation (кнп); complete coagulation (кп)

При снижении агрегативной устойчивости бутадиен-стирольного латекса протекал ряд последовательных и параллельных реакций:

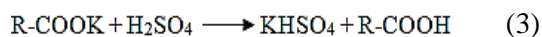
- взаимодействие ВПК-10 с мылами на основе высших карбоновых кислот, протекающее при введении катионного электролита в каучуковый латекс:



- при снижении кислотности коагулируемой системы протекает ее взаимодействие с образующимся ионно-солевым комплексом с образованием сернокислой соли катионного полиэлектролита и выделением свободной высшей карбоновой кислоты:



- при подкислении коагулируемой системы будет протекать и взаимодействие серной кислоты с мылами, что приведет к полному разрушению защитного слоя у латексных глобул:



Нельзя при этом исключить и взаимодействие сернокислотной группы $-\text{SO}_2-$, присутствующей в макромолекуле ВПК-10, с мылом на основе высшей карбоновой кислоты. Это будет обеспечивать снижение агрегативной устойчивости латексных глобул и способствовать протеканию коагуляционного процесса. Вероятность протекания такого процесса базируется на том, что водный раствор ВПК-10 обладает повышенной кислотностью (рН 0,5-1,0).

Снижение дозировки серной кислоты до 10 кг/т каучука приводило к увеличению расхода ВПК-10 (табл. 2). Полную коагуляцию наблюдали при шестикратном повышении расхода коагулянта до величины 1,5 кг/т каучука (расход серной кислоты 10 кг/т каучука, температура 1 °С). Необходимо констатировать, что при этих условиях полная коагуляция происходила с дозреванием, а вели-

чина рН водной фазы после завершения коагуляционного процесса составляла 2,4-2,6.

Таблица 2

Коагуляция синтетического латекса при расходе подкисляющего агента 10 кг/т каучука
Table 2. Coagulation of synthetic latex at an acidifying agent consumption of 10 kg/t of rubber

Результаты эксперимента	Количество расходуемого коагулянта, кг/т каучука				
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Температура 0 °С					
рН водной фазы	3,5	3,6	3,6	3,7	-
Выход крошки каучука, %	64,4	76,4	91,4	93,6	-
Эффективность процесса	кнп	кнп	кп	кп	-
Температура 20 °С					
рН водной фазы	3,8	3,8	3,9	3,9	-
Выход крошки каучука, %	63,1	75,3	91,5	92,4	-
Эффективность процесса	кнп	кнп	кп	кп	-
Температура 60 °С					
рН водной фазы	3,0	3,0	-	3,0	3,0
Выход крошки каучука, %	45,9	69,1	-	90,8	93,6
Эффективность процесса	кнп	кнп	-	кп	кп

Примечание: эффективность процесса - коагуляция неполная (кнп); коагуляция полная (кп)

Note: process efficiency - incomplete coagulation (кнп); complete coagulation (кп)

Повышение температуры коагуляционного процесса до 20 °С привело к небольшому повышению расхода ВПК-10 до величины 1,7 кг/т каучука. Дальнейшее повышение температуры до 60 °С привело к возрастанию расхода ВПК-10 до 2,0 кг/т каучука. Величина рН для водной фазы после отделения крошки каучука увеличилась до значения 3,5-4,0 независимо от температуры процесса коагуляции.

Дальнейшее уменьшение количества вводимого подкисляющего агента до 5 кг/т каучука привело к получению интересных результатов (табл. 3). Теоретически можно было предположить, что расход ВПК-10 должен возрастать с повышением температуры процесса образования крошки каучука, как это наблюдалось в ранее проведенных экспериментах с расходами серной кислоты 10 и 15 кг/т каучука. Минимальный расход его должен был бы наблюдаться при температуре 1 °С. Однако экспериментальные исследования опровергли данные соображения. Минимальный расход ВПК-10 достигался не при 1 °С, а при 60 °С. При этом дози-

ровка ВПК-10, необходимая для повышения эффективности коагуляционного процесса, снижалась с увеличением температуры. Так, при температуре 1 °С эффективность процесса коагуляции

была максимальна при расходе коагулянта 20 кг/т каучука. Подъем температуры до 20 °С позволил снизить расход ВПК-10 до 8,0 кг/т каучука, а при 60 °С расход ВПК-10 снижается до 5 кг/т каучука.

Таблица 3

Коагуляция синтетического латекса при расходе подкисляющего агента 5 кг/т каучука
Table 3. Coagulation of synthetic latex at an acidifying agent consumption of 5 kg/t of rubber

Результаты эксперимента	Количество расходуемого коагулянта, кг/т каучука											
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	15,0	20,0
Температура 0 °С												
рН водной фазы	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0		5,0		5,0	5,0	5,0
Выход крошки каучука. %	21,4	38,2	40,0	46,8	54,1	58,5		68,2		74,8	83,4	91,4
Эффективность процесса	кнп	кнп	кнп	кнп	кнп	кнп		кнп		кнп	кнп	кп
Температура 20 °С												
рН водной фазы	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0		
Выход крошки каучука. %	36,4	42,7	45,0	51,4	55,5	61,2	71,8	83,2	90,5	92,1		
Эффективность процесса	кнп	кнп	кнп	кнп	кнп	кнп	кнп	кнп	кп	кп		
Температура 60 °С												
рН водной фазы	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5				
Выход крошки каучука. %	38,6	42,7	55,0	67,7	84,3	92,2	93,0	93,6				
Эффективность процесса	кнп	кнп	кнп	кнп	кнп	кп	кп	кп				

Примечание: эффективность процесса - коагуляция неполная (кнп); коагуляция полная (кп)

Note: process efficiency - incomplete coagulation (кнп); complete coagulation (кп)

Положительное влияние повышения температуры на процесс образования крошки каучука при уменьшении количества вводимой серной кислоты до 5 кг/т каучука можно объяснить тем, что при недостаточной дозировке серной кислоты происходит неполное превращение мыл карбоновых кислот в карбоновые кислоты. Не происходит существенного повышения дестабилизации латексных глобул. Защитный слой на основе анионного ПАВ не претерпевает глобального разрушения.

При повышенной температуре происходит более активное удаление мыл карбоновых кислот с поверхности латексных глобул. Более полно происходит дестабилизация латексной дисперсии. Появляются дефекты в структуре латексных глобул. Кроме того, образующийся ионно-солевой комплекс по реакции (I) не будет в достаточной мере разлагаться серной кислотой из-за ее малой дозировки с образованием сернокислой соли катионного полиэлектролита и выделением высшей карбоновой кислоты (реакция II). Разложению данного комплекса будет способствовать повышенная температура коагуляции. В свою очередь, это отразится на процессе коагуляции каучукового латекса: повысится расход ВПК-10. Подтверждением этому служит величина рН серума, которая составляла ≈ 7 . Образующаяся крошка каучука обладала повышенной липкостью.

При изучении влияния пониженного расхода серной кислоты на технологические особенности процесса образования крошки каучука обнаружено резкое снижение концентрации кислоты в коагулируемом объеме. Возникающий ионно-солевой комплекс образован слабой кислотой и слабым основанием. Известно, что с разбавлением раствора степень гидролиза возрастает [24]. Следовательно, происходит распад ионно-солевого комплекса на высшую карбоновую кислоту и гидроксид катионного электролита, не способного снижать агрегативную устойчивость латексных глобул. Из-за расхода серной кислоты на реакцию взаимодействия с компонентами эмульсионной системы не происходит образование сернокислой соли катионного электролита и процесс коагуляции ухудшается.

В то же время степень гидролиза растет с повышением температуры согласно принципу Ле Шателье [24]. Таким образом, применение повышенных расходов серной кислоты снижает степень гидролиза образующегося ионно-солевого комплекса и обеспечивает полный перевод мыл карбоновых кислот в высшие карбоновые кислоты. В итоге образуется сернокислая соль катионного полиэлектролита, способная выполнять роль коагулирующего агента как по нейтрализационному механизму, так и по мостичному.

ВЫВОДЫ

Максимальный выход крошки каучука из латекса с использованием ВПК-10 отмечался при количестве вводимого подкисляющего агента не менее 10 кг/т каучука.

Снижение количества подкисляющего агента до 5 кг/т каучука обуславливало необходимость увеличения расхода ВПК-10 до 7-10 кг/т каучука и поддержания температуры процесса на уровне 60 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Папков В.Н., Ривин Э.М., Блинов Е.В. Бутадиен-стирольные каучуки. Синтез и свойства. Воронеж: ВГУИТ. 2015. 315 с.
2. Распопов И.В., Никулин С.С., Рьльков А.А., Шаповалова Н.Н. Усовершенствование аппаратного оформления и технологии выделения эмульсионных каучуков из латексов. *Промышл. пр-во и использ. эластомеров*. 1997. № 12. С. 2–6.
3. Ефимов А.И., Белорукова Л.П., Василькова И.В., Чечев В.Я. Свойства неорганических соединений. Справочник. Л.: Химия. 1983. 392 с.
4. Косова Ю.Е., Жданов А.В. Производство аммиачной селитры. *Рос. хим. ж.* 2006. Т. L. № 3. С. 17–36.
5. Насыров И.Ш., Фаизова В.Ю., Капанова В.А., Никулина Н.С., Никулин С.С., Вережников В.Н. Применение комбинированного коагулянта хлорид натрия – катионный электролит в производстве эмульсионных каучуков. *Промышл. пр-во и использ. эластомеров*. 2020. № 1. С. 14–19. DOI: 10.24411/2071-8268-2020-10103.
6. Никулин С.С., Никулина Н.С., Булатецкая Т.М., Вережников В.Н. Особенности поведения органических солей аммония при выделении каучука из латекса. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2020. Т. 63. Вып. 3. С. 75–81. DOI: 10.6060/ivkkt.20206303.6088.
7. Никулина Н.С., Власова Л.А., Вережников В.Н., Ревина В.А., Никулин С.С. Снижение агрегативной устойчивости эмульсионного бутадиен-стирольного каучука с использованием ароматических аминов. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 9. С. 74–80. DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6558.
8. Abdiyev K.Z., Toktarbay Z., Zhenisova A.Z., Zhursumbaeva M.B., Kainazarova R.N., Nuraje N. The new effective flocculants-copolymers of N,N-dimethyl-N,Ndiallylammonium chloride and N,N-dimethylacrylamide. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* 2015. V. 480. P. 228–235. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2015.04.025.
9. Орлов Ю.Н. Влияние степени полимеризации катионного полиэлектролита на его дозировку при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков. *Вестн. ВГУИТ*. 2019. Т. 81. № 1. С. 318–324. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-1-318-324.
10. Dauletov Y., Nuraje N., Abdiyev K., Toktarbay Z. Copolymers of diallyldimethylammonium chloride and vinyl ether of monoethanolamine: synthesis, flocculating, and antimicrobial properties. *J. Surf. Deterg.* 2019. V. 22. N 5. P. 1129–1137. DOI: 10.1002/jsde.12283.
11. Мисин В.М., Никулин С.С. Применение четвертичных солей аммония для выделения синтетических каучуков в России. Технологические и экологические аспекты. СПб.: НОТ. 2008. 422 с.

Снижение количества подкисляющего агента до 5 кг/т каучука не обеспечивает полноты перевода мыл карбоновых кислот в карбоновые кислоты.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

REFERENCES

1. Papkov V.N., Rivin E.M., Blinov E.V. Styrene-butadiene rubbers. Synthesis and properties. Voronezh: VGUIT. 2015. 315 p. (in Russian).
2. Raspopov I.V., Nikulin S.S., Rylkov A.A., Shapovalova N.N. Improving the hardware design and technology for separating emulsion rubbers from latexes. *Promyshl. Proizv. Ispolz. Elastomer*. 1997. N 12. P. 2–6 (in Russian).
3. Efimov A.I., Belorukova L.P., Vasilkova I.V., Chechev V.Ya. Properties of inorganic compounds. Directory. L.: Khimiya. 1983. 392 p. (in Russian).
4. Kosova Yu.E., Zhdanov A.V. Production of ammonium nitrate. *Zhurn. Ross. Khim. Obshch. Im. D.I. Meendeleeva*. 2006. V. L. N 3. P. 17–36 (in Russian).
5. Nasyrov I.Sh., Faizova V.Yu., Kapanova V.A., Nikulina N.S., Nikulin S.S., Verezhnikov V.N. The use of a combined coagulant sodium chloride - cationic electrolyte in the production of emulsion rubbers. *Promysh. Proizv. Ispolz. Elastomer*. 2020. N 1. P. 14–19 (in Russian). DOI: 10.24411/2071-8268-2020-10103.
6. Nikulin S.S., Nikulina N.S., Bulatetskaya T.M., Verezhnikov V.N. Features of the behavior of organic ammonium salts during the separation of rubber from latex. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2020. V. 63. N 3. P. 75–81 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20206303.6088.
7. Nikulina N.S., Vlasova L.A., Verezhnikov V.N., Revina V.A., Nikulin S.S. Reducing the aggregative stability of emulsion styrene-butadiene rubber using aromatic amines. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 9. P. 74–80 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6558.
8. Abdiyev K.Z., Toktarbay Z., Zhenisova A.Z., Zhursumbaeva M.B., Kainazarova R.N., Nuraje N. The new effective flocculants-copolymers of N,N-dimethyl-N,Ndiallylammonium chloride and N,N-dimethylacrylamide. *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.* 2015. V. 480. P. 228–235. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2015.04.025.
9. Orlov Yu.N. The influence of the degree of polymerization of a cationic polyelectrolyte on its dosage during coagulation of synthetic emulsion rubber latexes. *Vestn. VGUIT*. 2019. V. 81. N 1. P. 318–324 (in Russian). DOI: 10.20914/2310-1202-2019-1-318-324.
10. Dauletov Y., Nuraje N., Abdiyev K., Toktarbay Z. Copolymers of diallyldimethylammonium chloride and vinyl ether of monoethanolamine: synthesis, flocculating, and antimicrobial properties. *J. Surf. Deterg.* 2019. V. 22. N 5. P. 1129–1137. DOI: 10.1002/jsde.12283.
11. Misin V.M., Nikulin S.S. The use of quaternary ammonium salts for the isolation of synthetic rubbers in Russia. Technological and environmental aspects. In "Combustion, destruction and stabilization of polymers". SPb.: Not. 2008. 422 p. (in Russian).

12. Мисин В.М., Никулин С.С., Дюмаев К.М. Коагуляция промышленных эмульсионных каучуков в России полимерными четвертичными аммонийными солями. Хронология развития работы. *Вестн. Казан. технол. ун-та*. 2013. Т. 16. № 1. С. 97-109.
13. Vajihinejad V., Gumfekar S.P., Bazoubandi B., Najafabadi Z.R., Soares J.B.P. Water Soluble Polymer Flocculants: Synthesis, Characterization, and Performance Assessment. *Macromolec. Mater. Eng.* 2019. V. 304. N 2. 1800526. DOI: 10.1002/mame.201800526.
14. Mehta A., Pandey J.P., Sen G. Synthesis of Diallyl dimethyl ammonium chloride grafted polyvinyl pyrrolidone (PVP-g-DADMAC) and its applications. *Mater. Sci. Eng.: B*. 2021. V. 263. 114750. DOI: 10.1016/j.mseb.2020.114750.
15. Бабкин М.Ю., Филиппов Д.В., Захаров О.В., Гушчин А.А., Агеева А.А. Разработка метода синте-за полимерного коагулянта на основе дициандиамида. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 8. С. 129-134. DOI: 10.6060/ivkkt.20236608.6779.
16. Никулин С.С., Пояркова Т.Н., Мисин В.М., Карманова О.В. Коагулирующее действие N,N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорида при выделении бутадиен-стирольного каучука из латекса. *Журн. приклад. химии*. 2010. Т. 83. № 1. С. 130-136. DOI: 10.1134/S1070427210010246.
17. Никулина Н.С., Пугачева И.Н., Вережников В.Н., Мисин В.М., Санникова Н.Ю., Никулин С.С. Выделение бутадиен-стирольного каучука из латекса гибридным коагулянтом на основе поли-диметилдиаллиламмоний хлорида и вискозного волокна. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2021. Т. 64. Вып. 6. С. 62-68. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6356.
18. Никулин С.С., Пояркова Т.Н., Мисин В.М. Применение сополимера N,N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорида с малеиновой кислотой для выделения бутадиен-стирольного каучука из латекса. *Журн. приклад. химии*. 2008. Т. 81. № 8. С. 1382-1388. DOI: 10.1134/S1070427208080260.
19. Никулин С.С., Пояркова Т.Н., Мисин В.М. Перспектива применения сополимера N, N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорида с акриламидом в производстве бутадиен-стирольного каучука. *Журн. приклад. химии*. 2011. Т. 84. № 5. С. 853-858. DOI: 10.1134/S1070427211050247.
20. Воробьева А.И., Спирихин Л.В., Лобов А.Н., Галимова С.Р., Крайкин В.А. Радиальная сополи-меризация N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида с фумаровой кислотой. *Высокомолек. соед. Сер. В*. 2014. Т. 56. № 3. С. 239-244. DOI: 10.1134/S1560090414030178.
21. Лезов А.В., Полушина Г.Е., Лезов А.А., Власов П.С., Домнина Н.С. Молекулярные свойства со-полимеров N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида с малеиновой кислотой. *Высокомолек. соед. Сер. А*. 2011. Т. 53. № 2. С. 1-10. DOI: 10.1134/S0965545X11020064.
22. Вережников В.Н., Никулин С.С., Пояркова Т.Н., Мисин В.М. Выделение бутадиенстирольных каучуков из латексов сополимером диметилдиаллиламмоний хлорида с SO₂. *Журн. приклад. химии*. 2001. Т. 74. № 7. С. 1191-1194. DOI: 10.1023/A:1013004025985.
23. Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Пугачева И.Н., Кудрина Г.В., Филимонова О.Н. Практикум по коллоидной химии латексов. М.: Изд. дом Акад. Естествознания. 2011. 124 с.
24. Некрасов Б.В. Основы общей и неорганической химии. СПб.: Лань. 2003. Т. 1. 656 с.
12. Misin V.M., Nikulin S.S., Dyumaev K.M. Coagulation of industrial emulsion rubbers in Russia with polymer quaternary ammonium salts. Chronology of work development. *Vestn. Kazan. Tekhnol. Un-ta*. 2013. V. 16. N 1. P. 97-109 (in Russian).
13. Vajihinejad V., Gumfekar S.P., Bazoubandi B., Najafabadi Z.R., Soares J.B.P. Water Soluble Polymer Flocculants: Synthesis, Characterization, and Performance Assessment. *Macromolec. Mater. Eng.* 2019. V. 304. N 2. 1800526. DOI: 10.1002/mame.201800526.
14. Mehta A., Pandey J.P., Sen G. Synthesis of Diallyl dimethyl ammonium chloride grafted polyvinyl pyrrolidone (PVP-g-DADMAC) and its applications. *Mater. Sci. Eng.: B*. 2021. V. 263. 114750. DOI: 10.1016/j.mseb.2020.114750.
15. Babkin M.Yu., Filippov D.V., Zakharov O.V., Gushchin A.A., Ageeva A.A. Development of a method for the synthesis of a polymer coagulant based on dicyandiamide. *Chem-ChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 8. P. 129-134 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20236608.6779.
16. Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M., Karmanova O.V. Coagulating effect of N,N-dimethyl-N,N-diallylammonium chloride during the separation of styrene-butadiene rubber from latex. *Zhurn. Prikl. Khim.* 2010. V. 83. N 1. P. 130-136 (in Russian). DOI: 10.1134/S1070427210010246.
17. Nikulina N.S., Pugacheva I.N., V.N. Verezhnikov, Misin V.M., Sannikova N.Yu., Nikulin S.S. Isolation of rubber from latex using a hybrid coagulant based on polydimethyldiallylammonium chloride and viscose fiber. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 6. P. 62-68 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6356.
18. Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. The use of a copolymer of N,N-dimethyl-N,N-diallylammonium chloride with maleic acid for the separation of styrene-butadiene rubber from latex. *Zhurn. Prikl. Khim.* 2008. V. 81. N 8. P. 1382-1388 (in Russian). DOI: 10.1134/S1070427208080260.
19. Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. The prospect of using a copolymer of N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride with acrylamide in the production of styrene-butadiene rubber. *Zhurn. Prikl. Khim.* 2011. V. 84. N 5. P. 853-858 (in Russian). DOI: 10.1134/S1070427211050247.
20. Vorobyova A.I., Spirikhin L.V., Lobov A.N., Galimova S.R., Kraikin V.A. Radical copolymerization of N,N-diallyl-N,N-dimethylammonium chloride with fumaric acid. *Vysokomolek. Soed. Ser. B*. 2014. V. 56. N 3. P. 239-244 (in Russian). DOI: 10.1134/S1560090414030178.
21. Lezov A.V., Polushina G.E., Lezov A.A., Vlasov P.S., Domnina N.S. Molecular properties of copolymers of N,N-diallyl-N,N-dimethylammonium chloride with maleic acid. *Vysokomolek. Soed. Ser. B*. 2011. V. 53. N 2. P. 1-10 (in Russian). DOI: 10.1134/S0965545X11020064.
22. Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. Isolation of styrene-butadiene rubbers from latexes using a copolymer of dimethyldiallylammonium chloride with SO₂. *Zhurn. Prikl. Khim.* 2001. V. 74. N 7. P. 1191-1194 (in Russian). DOI: 10.1023/A:1013004025985.
23. Poyarkova T.N., Nikulin S.S., Pugacheva I.N., Kudrina G.V., Filimonova O.N. Workshop on colloidal chemistry of latexes. M.: Izd. dom Akademiya estestvoznaniya. 2011. 124 p. (in Russian).
24. Nekrasov B.V. Fundamentals of general and inorganic chemistry. SPb.: Lan. 2003. V. 1. 656 p. (in Russian).

Поступила в редакцию (Received) 27.12.2023

Принята к опубликованию (Accepted) 27.02.2024