

Влияние продолжительности гомогенизации каучукового латекса с коагулирующим агентом на снижение агрегативной устойчивости

Елена А. Моргачева	¹	lena_morgacheva@mail.ru	 0009-0001-0954-9978
Инна Н. Пугачева	¹	eco-inna@ya.ru	 0000-0001-5850-2861
Наталья Ю. Санникова	¹	cnu@inbox.ru	 0000-0002-5583-2563
Сергей С. Никулин	¹	nikulin.nikuli@ya.ru	 0000-0002-8141-8008

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В статье рассматривается влияние продолжительности гомогенизации каучукового латекса с коагулирующими агентами на процесс выделения каучука. Производство синтетического каучука включает в себя ряд сложных химических и физических процессов, которые могут оказывать значительное влияние на эффективность и энергозатраты. Один из ключевых факторов, который следует учитывать, - это тепловой эффект, связанный с изменениями внутренней энергии системы. В работе исследуются два подхода к производству каучука: использование соли в качестве коагулянта и применение катионного электролита. Исследования показали, что при использовании хлорида натрия коагуляция протекает по концентрационному механизму, а при использовании N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида - по нейтрализационному. При этом продолжительность совмещения каучукового латекса с раствором хлорида натрия оказывает влияние на расход коагулянта необходимого для полного выделения каучука из латекса. Однако, при использовании в качестве коагулянта N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида данного влияния обнаружено не было. Эти различия подчеркивают различные механизмы коагуляции в зависимости от применяемого реагента. Расход катионного электролита на выделение одной тонны каучука из латекса сохранялся постоянным. Полученные данные имеют как научное, так и практическое значение для оптимизации технологических схем и снижения энергозатрат.

Ключевые слова: латекс, коагулянт, смешение, выдержка, крошка каучука.

Effect of the duration of homogenization of rubber latex with a coagulating agent on the decrease in aggregative stability

Elena A. Morgacheva	¹	lena_morgacheva@mail.ru	 0009-0001-0954-9978
Inna N. Pugacheva	¹	eco-inna@ya.ru	 0000-0001-5850-2861
Natal'ya Yu. Sannikova	¹	cnu@inbox.ru	 0000-0002-5583-2563
Sergej S. Nikulin	¹	nikulin.nikuli@ya.ru	 0000-0002-8141-8008

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article examines the effect of the duration of homogenization of rubber latex with coagulating agents on the process of rubber separation. The production of synthetic rubber involves a number of complex chemical and physical processes that can have a significant impact on efficiency and energy consumption. One of the key factors to consider is the thermal effect associated with changes in the internal energy of the system. The paper examines two approaches to the production of rubber: the use of salt as a coagulant and the use of a cationic electrolyte. Studies have shown that when using sodium chloride, coagulation proceeds by a concentration mechanism, and when using N,N-dimethyl-N,N-diallylammonium chloride - by a neutralization mechanism. At the same time, the duration of combining rubber latex with a solution of sodium chloride affects the consumption of the coagulant necessary for the complete separation of rubber from latex. However, when using N,N-dimethyl-N,N-diallylammonium chloride as a coagulant, this effect was not detected. These differences highlight the different coagulation mechanisms depending on the reagent used. The consumption of the cationic electrolyte for the separation of one ton of rubber from latex remained constant. The data obtained are of both scientific and practical importance for optimizing technological schemes and reducing energy consumption.

Keywords: latex, coagulant, mixing, holding time, crumb rubber.

Введение

Развитие производства синтетических каучуков во всем мире направлено на усовершенствование технологий, внедрением оригинального оборудования и использованием новых каталитических систем, что создает условия для получения высококачественной продукции и экологически чистых промышленных производств [9, 10].

Одной из важнейших стадий в технологии производства эмульсионных каучуков является стадия их выделения из латекса [11]. В настоящее время этому процессу уделяется повышенное внимание. В качестве коагулирующих агентов используются водные растворы минеральных солей, расход которых на выделение 1 тонны каучука из латекса составляет десятки и сотни

Для цитирования

Моргачева Е.А., Пугачева И.Н., Санникова Н.Ю., Никулин С.С. Влияние продолжительности гомогенизации каучукового латекса с коагулирующим агентом на снижение агрегативной устойчивости // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 3. С. 237–243. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-237-243

For citation

Morgacheva E.A., Pugacheva I.N., Sannikova N.Yu., Nikulin S.S. Effect of the duration of homogenization of rubber latex with a coagulating agent on the decrease in aggregative stability. Vestnik VGUET [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 3. pp. 237–243. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-3-237-243

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

килограмм [1]. Сточные воды из производственных цехов, содержащие неорганические соли, сбрасываются в природные водоемы, нанося ущерб экологии. Поэтому изучение и совершенствование технологии выделения каучуков из латексов, снижение или исключение применения солевых компонентов, является важной и актуальной задачей [12].

В настоящее время опубликованы работы, в которых рассматривается применение разнообразных органических коагулянтов [2], позволяющих либо полностью исключить использование неорганических солей, либо значительно снизить их расход. Особый интерес представляют полимерные четвертичные соли аммония [3], расход которых не превышает 5 кг на выделение одной тонны каучука. При использовании этих солей технологический процесс становится малочувствительным к колебаниям pH.

Кроме того, четвертичные соли аммония являются катионными электролитами, взаимодействие которых с компонентами эмульсионной системы приводит к образованию ионно-солевых комплексов, которые захватываются образующейся крошкой каучука [13]. Это способствует снижению загрязнения сточных вод промышленности синтетических каучуков поверхностно-активными веществами (ПАВ) и другими компонентами эмульсионной системы.

Исследования, направленные на изучение особенностей протекания процесса выделения синтетических каучуков с использованием различных коагулянтов, несомненно, шагнули вперед за последние несколько лет [14-17]. Тем не менее остаются неизученными ряд вопросов, касающихся технологии их производства на снижение агрегативной устойчивости латексных дисперсий. К ним относятся влияние продолжительности гомогенизации латексной дисперсии с коагулирующим агентом. Учитывая тот факт, что процесс выделения каучука из латекса в зависимости от природы коагулирующего агента протекает по разным механизмам [4]: при использовании хлорида натрия – по концентрационному механизму, основанном на сжатии диффузных слоев [5] и нейтрализационному механизму при применении органических четвертичных солей аммония [6]. Химические процессы протекают во времени. Одни протекают быстро, другие медленно. Влияние такого важного показателя как продолжительности контакта латексной дисперсии с коагулирующим агентом на скорость

падения агрегативной устойчивости системы в литературных источниках отсутствует.

Цель работы – изучение влияния на снижение агрегативной устойчивости каучукового латекса марки СКС-30 АРК продолжительности его гомогенизации с коагулирующими агентами – хлоридом натрия и N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлоридом (ДМДААХ).

Материалы и методы

Коагуляцию латекса СКС-30 АРК проводили согласно общепринятой методике [7] с использованием в качестве коагулирующих агентов водного раствора N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида (ДМДААХ, (ТУ 6-01-00203312-125-92) с концентрацией ~ 2,0% мас., раствор хлорида натрия (ГОСТ 4233-77) с концентрацией 20% мас., раствор серной кислоты (ГОСТ 2184-2013) с концентрацией ~ 2,0% мас.

Промышленный латекс имел следующие характеристики: pH = 9,6; поверхностное натяжение 57,4 мН/м; содержание сухого остатка 21,4% мас.; содержание связанного стирола 22,6% мас.

Выделение каучука из латекса проводили при температуре 20 ± 1 °C на коагуляционной установке, представляющей собой емкость с перемешивающим устройством. Скорость вращения лопастной мешалки 80 об/мин. После введения коагулирующего агента систему перемешивали 0; 1; 3; 5; 7 и 10 минут. После чего вводили подкисляющий агент. Полноту коагуляции оценивали визуально по прозрачности серума и гравиметрически – по массе получаемой крошки каучука. Образующуюся крошку отделяли от водной фазы (серума), промывали теплой водой и после частичного обезвоживания досушивали в сушильном агрегате при температуре 82 ± 2 °C. Обезвоженную крошку каучука извлекали из сушильного агрегата и после охлаждения до комнатной температуры ($20-22$ °C) взвешивали на аналитических весах и рассчитывали выход в % мас.

Обсуждение

Проведенными исследованиями установлено, что при использовании в качестве коагулирующего агента водного раствора хлорида натрия при выделении каучука СКС-30 АРК из латекса, процесс протекает по концентрационному механизму (таблица 1) [18]. Практически полное выделение каучука (с 92–97% мас. выходом крошки каучука) достигали при расходе хлорида натрия 130–150 кг/т каучука.

Таблица 1.
Зависимость выхода крошки каучука от расхода NaCl и продолжительности перемешивания
Table 1.

Dependence of rubber crumb yield on NaCl consumption and mixing duration

В латекс вводили коагулирующий агент и без временного перемешивания вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex and an acidifying agent was introduced without temporary mixing							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	10	30	50	70	100	130	150
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	56,6	78,5	80,7	85,5	89,8	96,7	97,2
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 1 минуту и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 1 minute and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	10	30	50	70	100	130	150
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	78,5	80,8	82,3	85,6	88,5	92,9	95,7
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 3 минуты и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 3 minutes and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	10	30	50	70	100	130	150
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	67,5	83,1	87,5	93,4	95,4	96,0	97,0
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс			кп сс			
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 5 минут и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 5 minutes and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	10	30	50	70	100	130	150
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	59	87,5	82,5	89,0	92,5	94,1	95,7
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 7 минут и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 7 minutes and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	10	30	50	70	100	130	150
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	70,5	82,4	83,2	87,5	88,8	96,5	97,1
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 10 минут и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 10 minutes and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	10	30	50	70	100	130	150
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	79,0	84,5	87,5	89,5	90,2	95,6	95,8
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент одновременно с подкисляющим агентом A coagulating agent was injected into the latex simultaneously with an acidifying agent							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	10	30	50	70	100	130	150
Расход серной кислоты кг/т Consumption of sulfuric acid kg/t	15	15	15	15	15	15	15
pH водной фазы pH of the aqueous phase	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	72,1	79,5	81,0	84,4	86,5	89,7	92,9
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
Примечание: расход серной кислоты consumption of sulfuric acid - 15 кг/т каучука 15 kg/t of rubber, pH водной фазы (серума) the aqueous phase (serum) - 2,5–2,7; кнп исс – коагуляция неполная incomplete coagulation; кп сс – коагуляция полная complete coagulation.							

Установлено, что продолжительность перемешивания флокулирующей системы после введения раствора хлорида натрия оказывает существенное влияние на протекание процесса выделения каучука, а именно на расход солевого коагулянта, необходимого для достижения полной коагуляции латекса, по концентрационному механизму [19]. Особенность в поведении латексной дисперсии заключается в том, что она приобретает наименьшую стабильность при 3–5 минутной гомогенизации системы с солевым коагулянтом. Вероятнее всего это связано с образованием максимального количества флокул из латексных глобул. Укрупненные агломераты снижают устойчивость латексной дисперсии. Это приводит к уменьшению расхода солевого компонента (хлорида натрия) необходимого для полного выделения каучука из латекса до 70–100 кг/т каучука при дальнейшем подкислении системы водным раствором серной кислоты.

Повышение продолжительности перемешивания до 7–10 минут приводит к восстановлению устойчивости латексной дисперсии, что

может быть связано с распадом образовавшихся агломератов (флокул) с образованием латексных глобул. Это в свою очередь приводит к возрастанию расхода коагулирующего агента (хлорида натрия) до 130–150 кг/т каучука.

Интересные результаты были получены при изучении влияния продолжительности перемешивания на процесс выделения каучука из латекса катионным электролитом. В случае использования в данном процессе катионного электролита – ДМДААХ снижение агрегативной устойчивости дисперсной системы протекает по нейтрализационному механизму (таблица 2). Данный процесс базируется на образовании ионно-солевого комплекса между анионными поверхностно-активными веществами (ПАВ) (защитный слой латексных глобул) с катионным электролитом по реакции:

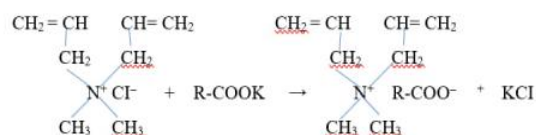


Таблица 2.

Зависимость выхода крошки каучука от расхода N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида и продолжительности перемешивания

Table 2.

Dependence of the yield of the crumb of rubber on the flow rate N,N-dimethyl-N,N-diallylammonium chloride and the duration of mixing

В латекс вводили коагулирующий агент и без временного перемешивания вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex and an acidifying agent was introduced without temporary mixing							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	1	5	10	15	20	25	30
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	57,4	74,6	81,7	87,1	89,3	97,5	97,9
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 1 минуту и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 1 minute and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	1	5	10	15	20	25	30
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	58,0	70,9	82,0	88,6	90,3	96,9	97,1
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 3 минуты и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 3 minutes and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	1	5	10	15	20	25	30
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	56,2	72,1	78,8	84,9	89,5	97,0	97,4
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 5 минут и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 5 minutes and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	1	5	10	15	20	25	30
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	60,5	71,6	77,5	83,3	88,1	96,5	97,0
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		
В латекс вводили коагулирующий агент перемешивали 10 минут и вводили подкисляющий агент A coagulating agent was injected into the latex, stirred for 10 minutes and an acidifying agent was introduced							
Расход коагулянта, кг/т каучука Coagulant consumption, kg/t of rubber	1	5	10	15	20	25	30
Выход коагулюма, % Coagulum output, %	56,9	69,6	77,1	85,0	90,5	96,2	96,7
Оценка полноты коагуляции Completeness of coagulation	кнп исс				кп сс		

Примечание: расход серной кислоты | consumption of sulfuric acid - 15 кг/т каучука | 15 kg/t of rubber, pH водной фазы (серума) | the aqueous phase (serum) - 2,5–2,7; кнп | исс – коагуляция неполная | incomplete coagulation; кп | сс – коагуляция полная | complete coagulation

Проведенными исследованиями установлено, что при использовании ДМДААХ в процессе выделения каучука СКС-30 АРК из латекса, коагуляция протекает по нейтрализационному механизму (таблица 2) и продолжительность совмещения каучукового латекса с катионным электролитом не оказывает влияния на расход коагулирующего агента. Практически полное выделение каучука (с 96–98%-ным выходом крошки каучука) достигается при расходе ДМДААХ 25 кг/т каучука. Временной фактор контакта катионного реагента с мылами высших карбоновых кислот протекает очень быстро и напоминает общеизвестную реакцию нейтрализации [8].

В дополнение к рассмотрению влияния продолжительности гомогенизации на процесс выделения каучука, в статье также анализировались такие параметры, как изменение вязкости латексной дисперсии после введения коагулирующего агента и тепловой эффект.

Вязкость является важным параметром [20]. Были установлены зависимости, отраженные на рисунках 1–2. По итогам анализа полученных зависимостей можно сделать вывод, что при введении в бутадиен-стирольный латекс хлорида натрия отмечается резкое снижение вязкости латексной дисперсии при увеличении времени перемешивания с одной до трех минут, что объясняется приобретением наименьшей стабильности латексной системы при 3–5 минутной гомогенизации.

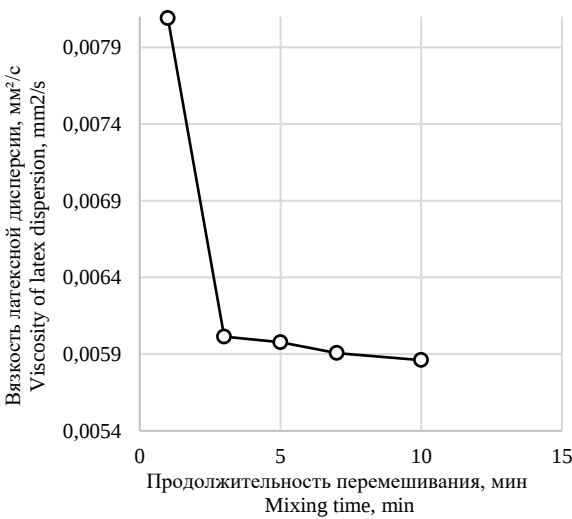


Рисунок 1. Влияние продолжительности перемешивания на изменение вязкости латексной дисперсии (коагулирующий агент – хлорид натрия)

Figure 1. The effect of mixing duration on the change in viscosity of latex dispersion (coagulating agent – sodium chloride)

При этом важно отметить, что при введении в систему ДМДААХ не наблюдается значительного изменения вязкости. Это связано с тем, что в данном случае коагуляция протекает по нейтрализационному механизму и временной фактор не оказывает влияния на процесс.

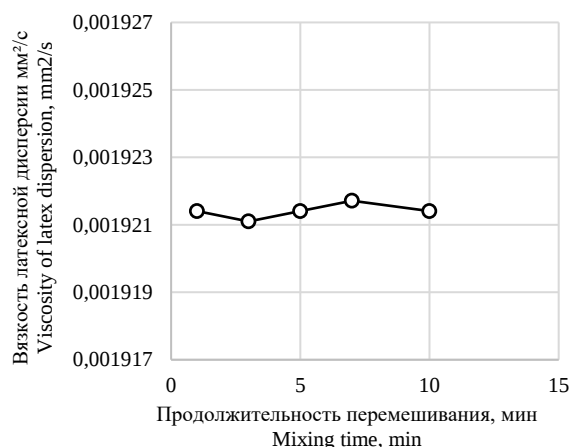


Рисунок 2. Влияние продолжительности перемешивания на изменение вязкости латексной дисперсии (коагулирующий агент – ДМДААХ)

Figure 2. Effect of mixing duration on the change in viscosity of latex dispersion (coagulating agent – DMDAAC)

Тепловой эффект, в свою очередь, связан с изменением внутренней энергии системы при протекании химической реакции или физического процесса. В контексте производства синтетических каучуков, тепловой эффект может влиять на эффективность процесса и энергозатраты.

Установлено, что при введении в латекс солевого коагулянта отмечается повышение температуры за счет выделения тепла. В данном случае протекает экзотермическая реакция сопровождающаяся сжатием диффузных слоев. Температура повышается на 0,3 °С.

При использовании в технологии выделения каучука из латекса ДМДААХ процесс протекает по нейтрализационному механизму. Установлено, что в данном случае процесс сопровождается понижением температуры на 0,2 °С, реакция является эндотермической.

Эти данные указывают на различия в механизме коагуляции в присутствии хлорида натрия и каучука ДМДААХ.

Таким образом, впервые установлено влияние продолжительности гомогенизации системы после введения флокулирующего агента на дестабилизацию латексной дисперсии. Введение солевого компонента (хлорида натрия) в латексную дисперсию приводит к сжатию диффузионных слоев. Данный процесс протекает во времени и требует гомогенизации 3–5 минут. Применение катионного электролита не требует предварительной гомогенизации латексной дисперсии с ним. Процесс нейтрализационной коагуляции протекает с высокой скоростью. Полученные данные имеют как научное, так и практическое значение при разработке технологических схем выделения каучука из латекса.

Заключение

1. Коагуляция с использованием хлорида натрия в качестве коагулянта протекает по концентрационному механизму.

2. Коагуляция с использованием N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида в качестве коагулянта протекает по нейтрализационному механизму и не требует применения временной гомогенизации латексной дисперсии с катионным реагентом.

3. 3–5 минутная гомогенизация латексной дисперсии с солевым компонентом приводит к снижению расхода хлорида натрия после введения серной кислоты до 70–100 кг/т каучука.

4. В случае введения в латекс N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида в качестве коагулянта продолжительность перемешивания латексной дисперсии не влияет на изменение вязкостного показателя системы.

5. Исследования теплового эффекта реакции подчеркивают различия в механизме коагуляции протекающих в присутствии хлорида натрия и N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида: в первом случае происходит повышение температуры, во втором – понижение температуры.

Литература

- 1 Никулина Н.С. и др. Выделение бутадиен-стирольного каучука из латекса гибридным коагулянтом на основе полидиметилдиаллиламмоний хлорида и вязкозного волокна // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2021. Т. 64. №. 6. С. 62-68.
- 2 Proskurina V.E., Kashina E.S., Rakhmatullina A.P. Flocculation of disperse systems by polyfunctional polymer-inorganic hybrids // Известия высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология». 2022. Т. 65. №. 9. С. 39-46.
- 3 Полевая В.Г. и др. Синтез и свойства поли (1-триметилсилил-1-пропина), содержащего четвертичные аммониевые соли с метильными и этильными заместителями // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2019. Т. 61. №. 5. С. 377-385.
- 4 Аксёнов В.И., Насыров И.Ш. Производство синтетического каучука в России: анализ итогов за 2022 г. перспективы развития // Промышленное производство и использование эластомеров. 2023. №. 1. С. 3-14.
- 5 Никулина Н.С., Булатецкая Т.М., Патрушева Н.А., Власова Л.А. и др. Перспектива использования при изготовлении маслonaполненных каучуков бисоставного коагулянта меласса-хлорид натрия // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2020. № 9.
- 6 Писарева И.А., Никулин С.С., Вострикова Г.Ю. Изучение влияния расхода подкисляющего агента на процесс выделения бутадиен-стирольного каучука из латекса. 2023.

- 7 Черных В.Н. и др. Изучение возможности применения в производстве эмульсионных каучуков неорганических солей аммония // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. С. 75-76.
- 8 Мансураева Л.М., Юсупова И.И., Булаев С.А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применение // *Вестник магистратуры*. 2022. №. 2-1 (125). С. 30-35.
- 9 Аксёнов В.И., Золотарев В.Л. Производство синтетического каучука в РФ в 2018 году и за последние десять лет. Краткие итоги // *Каучук и резина*. 2019. Т. 78. №. 2. С. 78-87.
- 10 Linkova T.S., Shumbutov D.E. The Innovative Development of the Production of Synthetic Rubber and Car Tire // *Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration: Volume 2*. Springer International Publishing, 2021. P. 9-17.
- 11 Седых В.А., Карманова О.В., Королева Е.В. Модификация бутадиен-нитрильного каучука на стадии его выделения // *Вестник ВГУИТ. оронезского государственного университета инженерных технологий*. 2018. Т. 80. №. 3 (77). С. 323-329.
- 12 Черных В.Н. Экологический аспект технологии получения синтетических каучуков // *Молодежь и научно-технический прогресс*. 2021. С. 592-593.
- 13 Байголова М.А. Влияние структуры ионных жидкостей на основе четвертичных солей аммония на их физико-химические свойства // *XXIX Российская молодежная научная конференция «Проблемы теоретической и экспериментальной химии»*. Екатеринбург, Издательство Уральского университета, 2019. С. 335-335.
- 14 Черных В.Н. Перспективные коагулянты для производства эмульсионных каучуков // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. С. 121-122.
- 15 Усманова А.Д. Подбор коагулянта, как усовершенствование процесса в синтезе каучука из латекса // *Экспериментальная наука: механизмы, трансформации*. 2024. С. 42.
- 16 Никулин С.С. и др. Особенности поведения органических солей аммония при выделении каучука из латекса // *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология*. 2020. Т. 63. №. 3. С. 75-81.
- 17 Ng J.W., Othman N., Yusof N.H. Various coagulation techniques and their impacts towards the properties of natural rubber latex from *Hevea brasiliensis*—a comprehensive review related to tyre application // *Industrial Crops and Products*. – 2022. V. 181. P. 114835.
- 18 Овчаренко С.Р. и др. Использование комбинированных коагулянтов в производстве эмульсионных каучуков // *Ответственный за выпуск*. 2022. С. 263.
- 19 Sun H. et al. The influence of particle size and concentration combined with pH on coagulation mechanisms // *Journal of Environmental Sciences*. 2019. V. 82. P. 39-46.
- 20 Габоян А.В. и др. Рассмотрение возможности применения карбамида в процессе выделения каучуков из латексов // *Промышленное производство и использование эластомеров*. 2022. №. 1. С. 29-34.

References

- 1 Nikulina N.S. et al. Isolation of styrene-butadiene rubber from latex by a hybrid coagulant based on polydimethyldiallylammonium chloride and viscose fiber. *News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology*. 2021. vol. 64. no. 6. pp. 62-68. (in Russian).
- 2 Proskurina V. E., Kashina E. S., Rakhmatullina A. P. Flocculation of disperse systems by polyfunctional polymer-inorganic hybrids. *Izvestiya higher educational institutions. series "Chemistry and chemical technology"*. 2022. vol. 65. no. 9. pp. 39-46.
- 3 Poleyeva V.G. et al. Synthesis and properties of poly (1-trimethylsilyl-1-propyne) containing quaternary ammonium salts with methyl and ethyl substituents. *High molecular weight compounds. Series B*. 2019. vol. 61. no. 5. pp. 377-385. (in Russian).
- 4 Aksenov V. I., Nasyrov I. S. Synthetic rubber production in Russia: analysis of the results for 2022. development prospects. *Industrial production and use of elastomers*. 2023. no. 1. pp. 3-14. (in Russian).
- 5 Nikulina N.S., Bulatetskaya T.M., Patrusheva N.A., Vlasova L.A., Sannikova N.Yu., Nikulin S.S. The prospect of using molasses-sodium chloride bicomposite coagulant in the manufacture of oil-filled rubbers. *Bulletin of the BSTU named after V.G. Shukhov*. 2020. no. 9. (in Russian).
- 6 Pisareva I.A., Nikulin S.S., Vostrikova G.Yu. Studying the effect of the consumption of an acidifying agent on the process of separating styrene-butadiene rubber from latex. 2023. (in Russian).
- 7 Chernykh V.N. et al. Study of the possibility of using inorganic ammonium salts in the production of emulsion rubbers. *Modern problems of science and education*. 2020. pp. 75-76. (in Russian).
- 8 Mansuraeva L.M., Yusupova I.I., Bulaev S.A. Surfactants: properties and applications. *Bulletin of the Magistracy*. 2022. no. 2-1 (125). pp. 30-35. (in Russian).
- 9 Aksenov V.I., Zolotarev V.L. Synthetic rubber production in the Russian Federation in 2018 and over the past ten years. *Summary results. Rubber and rubber*. 2019. vol. 78. no. 2. pp. 78-87. (in Russian).
- 10 Linkova T.S., Shumbutov D.E. The Innovative Development of the Production of Synthetic Rubber and Car Tire. *Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration: Volume 2*. Springer International Publishing, 2021. pp. 9-17.
- 11 Sedykh V.A., Karmanova O.V., Koroleva E.V. Modification of butadiene-nitrile rubber at the stage of its isolation. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018. vol. 80. no. 3 (77). pp. 323-329. (in Russian).
- 12 Chernykh V.N. Ecological aspect of synthetic rubber production technology. *Youth and scientific and technical progress*. 2021. pp. 592-593. (in Russian).
- 13 Baigolova M.A. The influence of the structure of ionic liquids based on quaternary ammonium salts on their physico-chemical properties. *XXIX Russian Youth Scientific Conference "Problems of theoretical and experimental chemistry"*. Yekaterinburg, Ural University Publishing House, 2019. pp. 335-335. (in Russian).
- 14 Chernykh V.N. Promising coagulants for the production of emulsion rubbers. *Modern problems of science and education*. 2020. pp. 121-122. (in Russian).
- 15 Usmanova A.D. Selection of a coagulant as an improvement of the process in the synthesis of rubber from latex. *Experimental science: mechanisms, transformations*. 2024. pp. 42. (in Russian).

16 Nikulin S.S. et al. Features of the behavior of organic ammonium salts in the separation of rubber from latex. News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology. 2020. vol. 63. no. 3. pp. 75-81. (in Russian).

17 Ng J.W., Othman N., Yusof N.H. Various coagulation techniques and their impacts towards the properties of natural rubber latex from Hevea brasiliensis a comprehensive review related to tyre application. Industrial Crops and Products. 2022. vol. 181. pp. 114835.

18 Ovcharenko S.R. et al. Usage combined coagulants in the production of emulsion rubbers. Responsible for the issue. 2022. pp. 263. (in Russian).

19 Sun H. et al. The influence of particle size and concentration combined with pH on coagulation mechanisms. Journal of Environmental Sciences. 2019. vol. 82. pp. 39-46.

20 Gaboyan A.V. et al. Consideration of the possibility of using carbamide in the process of separating rubbers from latex. Industrial production and use of elastomers. 2022. no. 1. pp. 29-34. (in Russian).

Сведения об авторах

Елена А. Моргачева ассистент, кафедра промышленной экологии и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lena_morgacheva@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0001-0954-9978>

Инна Н. Пугачева д.т.н., заведующий кафедрой, кафедра промышленной экологии и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, eco-inna@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5850-2861>

Наталья Ю. Санникова к.х.н., доцент, кафедра технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, cnu@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5583-2563>

Сергей С. Никулин д.т.н., профессор, кафедра технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nikulin.nikuli@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8141-8008>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Elena A. Morgacheva assistant, industrial ecology and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lena_morgacheva@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0001-0954-9978>

Inna N. Pugacheva Dr. Sci. (Engin.), head of department, industrial ecology and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, eco-inna@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5850-2861>

Natal'ya Yu. Sannikova Dr. Sci. (Chem.), associate professor, industrial ecology and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, cnu@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5583-2563>

Sergej S. Nikulin Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nikulin.nikuli@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8141-8008>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/07/2024	После редакции 12/08/2024	Принята в печать 02/09/2024
Received 15/07/2024	Accepted in revised 12/08/2024	Accepted 02/09/2024