




## Отход пивоваренного производства – коагулирующий агент в технологии выделения эмульсионных каучуков из латекса






Наталья Ю. Санникова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:cnu@inbox.ru">cnu@inbox.ru</a>	 0000-0002-5583-2563
Лариса А. Власова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:vllar65@ya.ru">vllar65@ya.ru</a>	 0000-0003-1515-8321
Юлия М. Нечесова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:malyavina.yulya@ya.ru">malyavina.yulya@ya.ru</a>	 0000-0001-5700-3841
Маргарита С. Щербак	<sup>1</sup>	<a href="mailto:schmstp@ya.ru">schmstp@ya.ru</a>	 0000-0003-2777-3196
Газибег О. Магомедов	<sup>1</sup>	<a href="mailto:gazibek.magomedov@ya.ru">gazibek.magomedov@ya.ru</a>	 0000-0002-7201-8387
Сергей С. Никулин	<sup>1</sup>	<a href="mailto:nikulin.nikuli@ya.ru">nikulin.nikuli@ya.ru</a>	 0000-0002-3416-8894

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

**Аннотация.** На сегодняшний день возрастает интерес к производству синтетических полимеров, которые находят широкое применение в производстве современных материалов. Особый интерес представляет изготовление каучуков методом эмульсионной полимеризации. Резиновые смеси и вулканизаты, изготовленные на их основе, обладают характеристиками, благодаря которым их активно используют в различных промышленных отраслях. Процесс коагуляции в производстве эмульсионных полимеров повышает экологическую напряженность. Применяемый на некоторых предприятиях в качестве коагулирующего агента хлористый натрий расходуется в больших количествах – до 200 кг/т каучука, и усиливает загрязнение окружающей среды. В представленной работе впервые рассмотрена возможность утилизации остатка производства пива – инактивированных дрожжей, которые предлагается использовать для снижения агрегативной устойчивости дисперсных систем. Введение дрожжей в технологию выделения эмульсионного полимера дает возможность понизить количество хлористого натрия в сбрасываемых с предприятия водах. Использование системы на основе белкового коагулянта способствует полному выделению коагулята из латекса при расходе инактивированных дрожжей в количестве 10-15 кг/т каучука. Максимально эффективные результаты получены при применении в данном процессе дрожжей предварительно подкисленных серной кислотой, что приводило к зарядке атома азота белкового компонента. Отмечено, что наилучшим температурным режимом процесса коагуляции латексных частиц является 1-20 °С. Повышение температуры до 60 °С приводит к повышению расхода коагулянта до 25 кг/т каучука. Оптимизированы соотношения расхода серной кислоты и подкисленных дрожжей, позволяющие получить наиболее полную коагуляцию латекса. Установлено, что каучуки выделенные с применением отхода пищевого производства по основным физико-механическим показателям соответствуют требованиям, предъявляемым к каучукам марки СК-30АРК.

**Ключевые слова:** латекс, хлорид натрия, пивоваренное производство, коагуляция, вулканизаты.

## Waste of brewing production - a coagulating agent in the technology of extraction of emulsion rubbers from latex

Natalia Yu. Sannikova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:cnu@inbox.ru">cnu@inbox.ru</a>	 0000-0002-5583-2563
Larisa A. Vlasova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:vllar65@ya.ru">vllar65@ya.ru</a>	 0000-0003-1515-8321
Julia M. Nechesova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:malyavina.yulya@ya.ru">malyavina.yulya@ya.ru</a>	 0000-0001-5700-3841
Margarita S. Shcherbakova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:schmstp@ya.ru">schmstp@ya.ru</a>	 0000-0003-2777-3196
Gazibeg O. Magomedov	<sup>1</sup>	<a href="mailto:gazibek.magomedov@ya.ru">gazibek.magomedov@ya.ru</a>	 0000-0002-7201-8387
Sergey S. Nikulin	<sup>1</sup>	<a href="mailto:nikulin.nikuli@ya.ru">nikulin.nikuli@ya.ru</a>	 0000-0002-3416-8894

<sup>1</sup> Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Abstract.** Today, there is a growing interest in the production of synthetic polymers, which are widely used in the production of modern materials. Of particular interest is the manufacture of rubbers by emulsion polymerization. Rubber compounds and vulcanizates made on their basis have characteristics due to which they are actively used in various industrial sectors. The coagulation process in the production of emulsion polymers increases environmental stress. Sodium chloride used at some enterprises as a coagulating agent is consumed in large quantities – up to 200 kg / t of rubber, and increases environmental pollution. In the presented work, for the first time, the possibility of recycling the beer production residue – inactivated yeast, which is proposed to be used to reduce the aggregative stability of disperse systems, is considered. The introduction of yeast into the emulsion polymer isolation technology makes it possible to reduce the amount of sodium chloride in the waters discharged from the enterprise. The use of a system based on a protein coagulant contributes to the complete release of coagulum from latex at a consumption of inactivated yeast in the amount of 10-15 kg/t of rubber. The most effective results were obtained when yeast preliminarily acidified with sulfuric acid was used in this process, which led to the charging of the nitrogen atom of the protein component. It is noted that the best temperature regime for the process of coagulation of latex particles is 1-20 °C. An increase in temperature to 60 °C leads to an increase in the consumption of coagulant up to 25 kg/t of rubber. The ratios of the consumption of sulfuric acid and acidified yeast have been optimized, allowing to obtain the most complete coagulation of the latex. It has been established that the rubbers isolated using food production waste meet the requirements for rubbers of the SKS-30ARK brand according to the main physical and mechanical indicators.

**Keywords:** latex, sodium chloride, brewing production, coagulation, vulcanizates.

Для цитирования

Санникова Н.Ю., Власова Л.А., Нечесова Ю.М., Щербак М.С., Магомедов Г.О., Никулин С.С. Отход пивоваренного производства – коагулирующий агент в технологии выделения эмульсионных каучуков из латекса // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 3. С. 198–203. doi:10.20914/2310-1202-2022-3-198-203

For citation

Sannikova N.Yu., Vlasova L.A., Nechesova Ju.M., Shcherbakova M.S., Magomedov G.O., Nikulin S.S. Waste of brewing production - a coagulating agent in the technology of extraction of emulsion rubbers from latex. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 3. pp. 198–203. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-3-198-203

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

## Введение

Производство синтетических каучуков (СК) активно развивается. Спрос на продукцию, получаемую на основе СК не снижается, а постоянно возрастает. Возрастает и ассортимент выпускаемой продукции. При этом непрерывно повышается и спрос на качество получаемых изделий, а именно требуется снижение токсичности этих изделий, безопасности при их эксплуатации, увеличение теплостойкости, влагостойкости и улучшения других показателей.

Одним из направлений является ввод в действующие производства спецтехнологий, совершенствование оснащения, а также перспективных активирующих систем и коагулирующих агентов, что обеспечивает снижение экологической нагрузки, материальных и энергетических затрат и др. Однако пока не осуществимо полное исключение актуальных сложностей в производстве синтетических полимерных материалов. Например, применение экологически и биологически вредных систем в производстве СК. Это относится и к каучукам, получаемым эмульсионным методом [1–4].

Эмульсионные каучуки обладают широкой областью применения. Объемы их производства сопряжены с образованием большого количества сточных вод. Наличие в отработанных стоках компонентов эмульсионной и коагуляционной систем повышает нагрузку на очистные сооружения городов. При этом такие компоненты, как соли металлов, растворенные в стоках, уловить достаточно сложно. Это приводит к загрязнению природных водоемов стоками, содержащими хлорид натрия и другие продукты эмульсионной системы.

Применение хлорида натрия в технологии каучуков обусловлено особенностями некоторых предприятий, в которых отсутствует возможность изменения технологической схемы. Исследования новых коагулирующих агентов, позволяющих минимизировать расходы существующих солевых систем с сохранением существующей технологии производства – актуальная химико-технологическая задача [5, 6].

Отходы, образующиеся на пищевых предприятиях, могут представлять интерес для промышленности синтетического каучука и применяться в качестве компонентов коагулирующей системы. Например, отходы пивоваренного производства, содержащие белковые компоненты и другие азот содержащие органические соединения – дрожжи. В ранее опубликованных работах была показана возможность применения в технологии СК белковых компонентов. Как было показано в данных работах, расход

белков не превышал 10 кг/т каучука и резиновые смеси, изготовленные на их основе соответствовали предъявляемым требованиям [7–9]. Работы по применению белкового компонента были проведены в опытно-промышленных масштабах, результаты были положительные. Однако из-за ряда технологических особенностей, дальнейшее развитие данное направление в технологии СК не получило.

**Цель работы** – изучение процесса выделения эмульсионных каучуков из латекса с применением в качестве коагулирующего агента отхода пивоваренного производства.

## Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбран промышленный латекс СКС-30 АРК, характеризующийся показателями, отраженными в таблице 1 [10].

Отход пивоваренного производства (ОПП) представляет собой инактивированные дрожжи, содержащие 50–70% сухого вещества, состав которого представлен в большей степени белками. При этом 10% общего азота дрожжей – низкомолекулярные соединения, а 70% липидов дрожжей – ненасыщенные жирные кислоты [11].

Таблица 1.  
Характеристика бутадиен-стирольного латекса СКС-30 АРК

Table 1.  
Characteristics of butadiene-styrene latex SKS-30 APK

Показатель Indicator	Значение Meaning
Сухой остаток, % мас. Dry residue, % w.	21,7
Содержание связанного стирола, % мас. Content of bound styrene, % w.	22,5
Поверхностное натяжение, мН/м Surface tension. mn/m	62,2
Размер латексных частиц, нм Latex particle size, nm	55,1
pH латекса   pH of latex	9,5

Выделение полимера из латекса марки СКС-30 АРК осуществляли на лабораторной установке с использованием в качестве основного коагулирующего вещества водную суспензию отхода пивоваренного производства (ОПП) с концентрацией 0,2 мас. ед. Полученную суспензию вводили в латекс бутадиен-стирольного каучука и после интенсивного перемешивания добавляли 0,02 мас. ед. водного раствора серной кислоты. Систему гомогенизировали в течение 5 минут до разделения фаз. Твердую фазу промывали водой и высушивали до постоянного веса при температуре 80–85 °С [12]. Эксперимент выполняли с нейтральным и с подкисленным (pH = 3) ОПП.

### Результаты

Установлена зависимость выхода полимера от массы введенных реагентов. В таблице 2 представлена зависимость выхода полимера от расхода ОПП при постоянном содержании

серной кислоты. Температура оказывает существенное влияние на разделение фаз в процессе коагуляции. Более низкие температуры проведения процесса позволяют добиться повышения выхода полимера и снижения расхода агентов коагуляции.

Таблица 2.

Выхода полимера в зависимости от расхода ОПП

Table 2.

Polymer yield depending on the consumption of the waste of the brewing production (WBP)

Вид коагулянта Type of coagulant	Состав коагулирующей системы Composition of the coagulating system							
0 °C								
Расход ОПП, кг/т каучука   Consumption of WBP, kg/t rubber	1	2	3	5	7	10	15	20
Расход серной кислоты, кг/т каучука   Sulfuric acid consumption, kg/t of rubber	15	15	15	15	15	15	15	15
Выход коагулюма, %   Coagulum yield, %	80,0	82,6	84,2	86,3	90,5	94,9	95,6	96,8
20 °C								
Расход ОПП, кг/т каучука   Consumption of WBP, kg/t rubber	1	2	3	5	7	10	15	20
Расход серной кислоты, кг/т каучука   Sulfuric acid consumption, kg/t of rubber	15	15	15	15	15	15	15	15
Выход коагулюма, %   Coagulum yield, %	65,6	74,5	80,2	86,0	89,2	90,6	91,5	96,6
60 °C								
Расход ОПП, кг/т каучука   Consumption of WBP, kg/t rubber	1	2	3	5	7	10	15	20
Расход серной кислоты, кг/т каучука   Sulfuric acid consumption, kg/t of rubber	15	15	15	15	15	15	15	15
Выход коагулюма, %   Coagulum yield, %	48,5	51,2	56,4	60,5	66,0	72,5	80,0	81,5

Таблица 3.

Выхода полимера в зависимости от расхода ОППк (pH = 3)

Table 3.

Polymer yield depending on the consumption of acidified waste from brewing production (WBP<sub>a</sub>, pH = 3)

Вид коагулянта		Состав коагулирующей системы							
0 °C									
Расход ОПП, кг/т каучука   Consumption of WBPa, kg/t rubber	1	2	3	5	7	-	-	-	
Расход серной кислоты, кг/т каучука   Sulfuric acid consumption, kg/t of rubber	15	15	15	15	15	-	-	-	
Выход коагулюма, %   Coagulum yield, %	91,4	92,7	94,9	98,9	98,9	-	-	-	
20 °C									
Расход ОПП, кг/т каучука   Consumption of WBPa, kg/t rubber	1	2	3	5	7	10	15	-	
Расход серной кислоты, кг/т каучука   Sulfuric acid consumption, kg/t of rubber	15	15	15	15	15	15	15	-	
Выход коагулюма, %   Coagulum yield, %	80,0	86,0	90,5	91,5	92,5	97,9	98,1	-	
60 °C									
Расход ОПП, кг/т каучука   Consumption of WBPa, kg/t rubber	1	2	3	5	7	10	15	20	
Расход серной кислоты, кг/т каучука   Sulfuric acid consumption, kg/t of rubber	15	15	15	15	15	15	15	15	
Выход коагулюма, %   Coagulum yield, %	42,5	49,2	60,4	71,5	86,0	90,1	96,7	97,3	

Таблица 4.

Свойства каучуков и вулканизатов на основе каучука СКС-30 АРКМ-15\*

Table 4.

Properties of rubbers and vulcanizates based on rubber SKS-30 ARKM-15\*

Показатели   Indicators	ТУ 8/403121-98	Контроль Control	Коагулят на основе ОППк Coagulate based on WBP <sub>a</sub>
Вязкость каучука по Мун'и   Mooney viscosity of rubber	47–52	50,0	51,0
Массовая доля мыл органических кислот, % Mass fraction of soaps of organic acids, %	<0,25	0,13	0,12
Массовая доля органических кислот, %   Mass fraction of organic acids, %	5,0-6,4	5,8	6,1
Массовая доля золы, %   Mass fraction of ash, %	<0,6	0,24	0,22
Напряжение при 300 % удлинении, МПа   Stress at 300% elongation, MPa	≥0,8	11,7	11,2
Условная прочность при растяжении, МПа   Conditional tensile strength, MPa	≥21,6	23,1	24,2
Относительное удлинение при разрыве, %   Elongation at break, %	≥400	500	570
Относительная остаточная деформация после разрыва, % Relative residual deformation after rupture, %	18	20	16

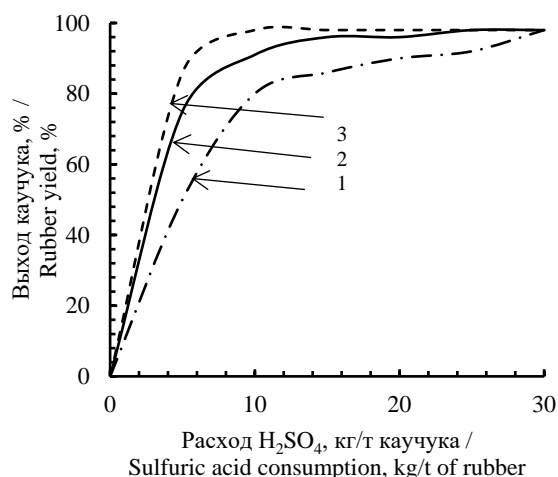


Рисунок 1. Зависимость выхода каучука марки СКС-30 АРК от расхода серной кислоты: 1 – при введении подкисленного отхода 5 кг/т каучука; 2 – при введении подкисленного отхода 7 кг/т каучука; 3 – при введении подкисленного отхода 10 кг/т каучука  
Figure 1. Dependence of the output of rubber brand SKS-30 ARK on the consumption of sulfuric acid: 1 - with the introduction of acidified waste 5 kg / t of rubber; 2 - with the introduction of acidified waste 7 kg / t of rubber; 3 - with the introduction of acidified waste 10 kg / t of rubber

Изучено выделение коагулюма каучука СКС-30 АРК подкисленным отходом пивоваренного производства (ОППк). Выход полимера значительно превышает соответствующий для нейтрального ОПП. Так полнота коагуляции при 20 °С достигается при расходе ОППк 10 кг/т каучука, а для ОПП – 15 кг/т каучука. Такой эффект объясняется предварительная зарядка азотсодержащих компонентов дрожжей, которые и выступают в качестве агентов коагуляции. Зависимость выхода полимера от расхода ОППк при постоянном содержании серной кислоты представлена в таблице 3.

Оптимизирован состав коагулирующей системы при выделении крошки каучука с применением ОППк (рисунок 1). Применение подкисленного отхода позволяет снизить расход раствора серной кислоты. Оптимальное соотношение, позволяющее получить максимальный выход полимера при температуре 20 °С, ОППк – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> равен 10 и 5 кг/т каучука соответственно.

В оптимизированных условиях с применение ОППк нами получен коагулюм каучука СКС-30 АРК. Согласно требованиям ГОСТ Р 54554–2011 проведены исследования физико-механических показателей вулканизатов [13–20], полученных на его основе (таблица 4).

Полученные данные свидетельствуют, что введение в состав коагулирующей системы ОППк не влияет на качество производимых каучуков, получаемых резиновых смесей соответственно производимой из них продукции. При хранении каучука, полученного с применением биосоставного коагулянта, изменение качества полимера не выявлено.

### Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что в технологии получения каучука марки СКС-30 АРК возможно применение отхода пивоваренного производства – дрожжей – в виде водной суспензии. Выявлено, что наиболее полно процесс коагуляции протекает с применением подкисленного отхода и понижением температуры. С повышением температуры до 60 °С расход коагулирующего агента возрастает до 25 кг/т каучука, что не существенно для производственного цикла в целом. Применение подкисленных дрожжей позволяет уменьшить расход серной кислоты практически 3 раза, уйти от солевого компонента в технологии эмульсионных полимеров, и тем самым повысить экологичность производства

### Литература

- 1 Орлов Ю.Н. Влияние степени полимеризации катионного полиэлектролита на его дозировку при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков // Вестник ВГУИТ. 2019. № 1 (79). С 318–324. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-318-324
- 2 Ибрагимов М.А., Госманов А.И., Салихов А.Я., Шишкина Н.Н. Жидкофазное наполнение эмульсионного бутадиен-стирольного каучука монтмориллонитовой органоглиной // Инновации и инвестиции. 2018. № 10. С. 241–244.
- 3 Cheng D., Ariaifar S., Pohn J., Mckenna T.F.L. Sheibat-othman particle coagulation of emulsion polymers a review of experimental and modeling studies // Polymer reviews. 2018. V. 58. № 4. P. 717–759. doi: 10.1080/15583724.2017.1405979
- 4 Zimehl R., Lagaly G. Coagulation of latex dispersions by inorganic salts: structural effects // Polymers as Colloid Systems. 2007. V. 72. P. 28-36. doi: 10.1007/BFb0114475
- 5 Плотникова Р.Н., Корчагин В.И., Попова Л.В., Репин П.Н. Повышение экологической безопасности при переработке и использовании эластомерных отходов // Экология и промышленность России. 2015. Т. 25. № 5. С. 16–21. doi: 10.18412/1816-0395-2015-5-16-21
- 6 Черных В.Н., Пугачева И.Н., Молоканова Л.В. Совершенствование технологии получения бутадиен-стирольных каучуков // Приоритетные направления развития науки и технологии: материалы международной научно-практической конференции. Тула, 2021. С. 157–160.
- 7 Вережников В.Н., Никулин С.С. Применение азотсодержащих соединений для выделения синтетических каучуков из латексов // Химическая промышленность сегодня. 2004. № 11. С. 26–37.

- 8 Menghour H., Gopalakrishnan K., Pooja S., Ranjna S. et al Effective recovery of microalgal biomass using various types of emulsion polymers // *Biotechnol.* 2022. V. 358. P. 25-32. doi: 10.1016/j.jbiotec.2022.08.010.
- 9 Fadil Y., Thickett S. C., Agarwal V., Zetterlund P.B. Synthesis of graphene-based polymeric nanocomposites using emulsion techniques // *Progress in Polymer Science.* 2021. P. 101476. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2021.101476
- 10 Никулин С.С., Вережников В.Н., Никулина Н.С., Провоторова М.А. и др. Применение в технологии выделения эмульсионных каучуков бинарного коагулянта меласса – хлорид натрия. // *Вестник ВГУ.* 2017. № 1. С. 11–15.
- 11 Бешимов Ю.С., Бахриддинова Н.М., Хайдар-Заде Л.Н. Эффективность использования отходов пивоваренного производства для кормовых целей // *Вестник Алматинского технологического университета.* 2018. № 2. С. 22–26.
- 12 Пугачева И., Никулин С. Композиционные материалы на основе эмульсионных каучуков. 2017. 219 с.
- 13 Poluektov P.T., Shutilin Yu.F. The liquid-phase filling of modified emulsion butadiene-styrene rubbers with active silica // *International Polymer Science and Technology.* 2013. V. 40. №. 1. P. 127 –130.
- 14 Jayadevan J., Alex R., Gopalakrishnapanicker U. Chemically modified natural rubber latex-poly (vinyl alcohol) blend membranes for organic dye release. *Reactive and Functional Polymers.* 2017. V. 112. P. 22-32. doi: 10.1016/j.reactfunctpolym.2017.01.001
- 15 Aiello P.B., Borges F.A., Romeira K.M., Miranda M.C.R. et al. Evaluation of sodium diclofenac release using natural rubber latex as carrier // *Materials Research.* 2014. V. 17. P. 146-152. doi: 10.1590/S1516-14392014005000010
- 16 Dias Murbach H., Jaques Ogawa G., Azevedo Borges F., Romeiro Miranda M.C. et al. Ciprofloxacin release using natural rubber latex membranes as carrier // *International Journal of Biomaterials.* 2014. V. 2014. doi: 10.1155/2014/157952
- 17 Zhao F., Wu A.B., Zhang L.Y., Niu C.Q. et al. Preparation of slow-released films based on the natural rubber latex modified by cassava starch // *Materials Science Forum.* Trans Tech Publications Ltd, 2016. V. 848. P. 152-159. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.848.152
- 18 Sofyane A., Ayed E.B., Lahcini M., Khouloud M. et al. Waterborne butyl methacrylate (co) polymers prepared by pickering emulsion polymerization: Insight of their use as coating materials for slow release-fertilizers // *European Polymer Journal.* 2021. V. 156. P. 110598. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2021.110598
- 19 Wichaita W., Polpanich D., Suteewong T., Tangboriboonrat P. Hollow core-shell particles via NR latex seeded emulsion polymerization // *Polymer.* 2016. V. 99. P. 324-331. doi: 10.1016/j.polymer.2016.07.032
- 20 Gryadunova Y.E., Nikulin S.S., Stadnik L.N. Application of Mathematical Modeling in Technology for the Recovery of Rubber from Latex in a Magnetic Field // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering.* 2022. V. 56. №. 3. P. 367-370. doi: 10.1134/S0040579522020087

## References

- 1 Orlov Yu.N. Influence of the degree of polymerization of a cationic polyelectrolyte on its dosage during the coagulation of latexes of synthetic emulsion rubbers. *Proceedings of VSUET.* 2019. no.1 (79). pp. 318–324. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-318-324 (in Russian).
- 2 Ibragimov M.A., Gosmanov A.I., Salikhov A. Ya., Shishkina N.N. Liquid-phase filling of emulsion styrene-butadiene rubber with montmorillonite organoclay. *Innovations and investments.* 2018. no. 10. pp. 241–244. (in Russian).
- 3 Cheng D., Ariafar S., Pohn J., McKenna T.F.L. Sheibat-othman particle coagulation of emulsion polymers a review of experimental and modeling studies. *Polymer reviews.* 2018. vol. 58. no. 4. pp. 717–759. doi: 10.1080/15583724.2017.1405979
- 4 Zimehl R., Lagaly G. Coagulation of latex dispersions by inorganic salts: structural effects. *Polymers as Colloid Systems.* 2007. vol. 72. pp. 28-36. doi: 10.1007/BFb0114475
- 5 Plotnikova R.N., Korchagin V.I., Popova L.V., Repin P.N. Improving environmental safety in the processing and use of elastomer waste. *Ecology and Industry of Russia.* 2015. vol. 25. no. 5. pp. 16–21. doi: 10.18412/1816-0395-2021-5-16-21 (in Russian).
- 6 Chernykh V.N., Pugacheva I.N., Molokanova L.V. Improving the technology for obtaining styrene-butadiene rubbers. Priority directions for the development of science and technology: proceedings of the international scientific and practical conference. Tula, 2021. pp. 157-160. (in Russian).
- 7 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S. The use of nitrogen-containing compounds for the extraction of synthetic rubbers from latex. *Chemical industry today.* 2004. no. 11. pp. 26–37. (in Russian).
- 8 Menghour H., Gopalakrishnan K., Pooja S., Ranjna S. et al Effective recovery of microalgal biomass using various types of emulsion polymers. *Biotechnol.* 2022. vol. 358. P. 25-32. doi: 10.1016/j.jbiotec.2022.08.010.
- 9 Fadil Y., Thickett S. C., Agarwal V., Zetterlund P.B. Synthesis of graphene-based polymeric nanocomposites using emulsion techniques. *Progress in Polymer Science.* 2021. pp. 101476. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2021.101476
- 10 Nikulin S.S., Verezhnikov V.N., Nikulina N.S., Provotorova M.A. et al. The use of binary coagulant molasses – sodium chloride in the technology of emulsion rubber isolation. *Bulletin of VSU.* 2017. no. 1. pp. 11–15. (in Russian).
- 11 Beshimov Yu.S., Bakhriddinova N.M., Khaidar-Zade L.N. Efficiency of using brewing waste for feed purposes. *Bulletin of the Almaty Technological University.* 2018. no. 2. pp. 22–26. (in Russian).
- 12 Pugacheva I., Nikulin S. Composite materials based on emulsion rubbers. 2017. 219 p.
- 13 Poluektov P.T., Shutilin Yu. F. The liquid-phase filling of modified emulsion butadiene-styrene rubbers with active silica. *International Polymer Science and Technology.* 2013. vol. 40. no. 1. pp. 127 –130.
- 14 Jayadevan J., Alex R., Gopalakrishnapanicker U. Chemically modified natural rubber latex-poly (vinyl alcohol) blend membranes for organic dye release. *Reactive and Functional Polymers.* 2017. vol. 112. P. 22-32. doi: 10.1016/j.reactfunctpolym.2017.01.001
- 15 Aiello P.B., Borges F.A., Romeira K.M., Miranda M.C.R. et al. Evaluation of sodium diclofenac release using natural rubber latex as carrier. *Materials Research.* 2014. vol. 17. pp. 146-152. doi: 10.1590/S1516-14392014005000010
- 16 Dias Murbach H., Jaques Ogawa G., Azevedo Borges F., Romeiro Miranda M.C. et al. Ciprofloxacin release using natural rubber latex membranes as carrier. *International Journal of Biomaterials.* 2014. vol. 2014. doi: 10.1155/2014/157952

17 Zhao F., Wu A.B., Zhang L.Y., Niu C.Q. et al. Preparation of slow-released films based on the natural rubber latex modified by cassava starch. Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2016. vol. 848. pp. 152-159. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.848.152


18 Sofyane A., Ayed E.B., Lahcini M., Khoulood M. et al. Waterborne butyl methacrylate (co) polymers prepared by pickering emulsion polymerization: Insight of their use as coating materials for slow release-fertilizers. European Polymer Journal. 2021. vol. 156. pp. 110598. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2021.110598

19 Wichaita W., Polpanich D., Suteewong T., Tangboriboonrat P. Hollow core-shell particles via NR latex seeded emulsion polymerization. Polymer. 2016. vol. 99. pp. 324-331. doi: 10.1016/j.polymer.2016.07.032

20 Gryadunova Y.E., Nikulin S.S., Stadnik L.N. Application of Mathematical Modeling in Technology for the Recovery of Rubber from Latex in a Magnetic Field. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2022. vol. 56. no. 3. pp. 367-370. doi: 10.1134/S0040579522020087

#### Сведения об авторах


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

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

**Лариса А. Власова** к.т.н., доцент, кафедра технологии органического синтеза, переработки полимеров и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vllar65@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1515-8321>


**Юлия М. Нечесова** к.т.н., доцент, кафедра технологии органического синтеза, переработки полимеров и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, malyavina.yulya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5700-3841>

**Маргарита С. Щербакова** к.т.н., доцент, кафедра технологии органического синтеза, переработки полимеров и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, schmstpp@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2777-3196>

**Газибег О. Магомедов** д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gazibek.magomedov@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

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

 <https://orcid.org/0000-0002-3416-8894>

#### 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


**Natalia Yu. Sannikova** Cand. Sci. (Chem.), associate professor, technology of organic synthesis, polymer processing 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>


**Larisa A. Vlasova** Cand. Sci. (Chem.), associate professor, technology of organic synthesis, polymer processing and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, vllar65@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1515-8321>


**Julia M. Nechesova** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of organic synthesis, polymer processing and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, malyavina.yulya@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5700-3841>

**Margarita S. Shcherbakova** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of organic synthesis, polymer processing and technosphere safety department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, schmstpp@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2777-3196>

**Gazibeg O. Magomedov** Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, gazibek.magomedov@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

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

 <https://orcid.org/0000-0002-3416-8894>

#### 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 14/07/2022	После редакции 09/08/2022	Принята в печать 31/08/2022
Received 14/07/2022	Accepted in revised 09/08/2022	Accepted 31/08/2022