

**ВЫДЕЛЕНИЕ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА
ИЗ ЛАТЕКСА ГИБРИДНЫМ КОАГУЛЯНТОМ НА ОСНОВЕ
ПОЛИДИМЕТИЛДИАЛЛИЛАММОНИЙ ХЛОРИДА И ВИСКОЗНОГО ВОЛОКНА**

Н.С. Никулина, И.Н. Пугачева, В.М. Мисин, Н.Ю. Санникова, В.Н. Вережников, С.С. Никулин

Надежда Сергеевна Никулина

Кафедра специальной подготовки, Воронежский институт повышения квалификации сотрудников Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, ул. Краснознаменная, 231, Воронеж, Российская Федерация, 394052

E-mail: nikulina2013@yandex.ru

Инна Николаевна Пугачева *

Факультет экологии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революции, 19, Воронеж, Российская Федерация, 394036

E-mail: eco-inna@yandex.ru *

Вячеслав Михайлович Мисин

Институт биохимической физики РАН им. Н.М. Эмануэля, ул. Косыгина, 4, Москва, Российская Федерация, 119991

E-mail: misin@yandex.ru

Виктор Николаевич Вережников

Кафедры высокомолекулярных соединений и коллоидов, Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, Российская Федерация, 394006

E-mail: vvn@chem.vsu.ru

Наталья Юрьевна Санникова, Сергей Саввович Никулин

Кафедра технологии органического синтеза, переработки полимеров и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революции, 19, Воронеж, Российская Федерация, 394036

E-mail: cnu@inbox.ru, nikulin.nikuli@yandex.ru

В предлагаемой работе рассмотрена возможность применения в технологическом процессе выделения каучука СКС-30 АРК из латекса гибридным коагулянтом на основе полимерного катионного электролита – ВПК-402 (поли-N,N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорида) в сочетании с вязким волокном. Рассмотрено влияние расхода гибридного коагулирующего агента, вязкого волокна и его дозировки, а также температуры процесса на снижение агрегативной устойчивости бутадиен-стирольного латекса. Установлено влияние вязкого волокна на физико-механические показатели вулканизатов. При этом был отмечен ряд особенностей, заключающийся в снижении агрегативной устойчивости латекса бутадиен-стирольного каучука при его коагуляции гибридным коагулянтом. Установлено, что применение гибридного коагулянта позволяет до 30% снизить расход катионного полиэлектролита. Показано, что в рассматриваемой многокомпонентной системе возможно одновременное протекание нескольких процессов, которые приводят к дестабилизации латексных дисперсий. Применение гибридного коагулянта, включающего катионный полиэлектролит, обеспечивает совокупное действие мостичного и нейтрализационного механизмов нарушения агрегативной устойчивости дисперсии. Присутствие в дисперсной фазе вязкого волокна приводит к возникновению дополнительного коагулирующего эффекта – адагуляции, который является разновидностью гетерокоагуляции. Это может быть связано с различием в поверхностных потенциалах между латексными глобулами и

волокнистой добавкой. Установлено, что температурный режим процесса выделения каучука из латекса не оказывает существенного влияния на полноту извлечения каучука из латекса. Отмечено снижение содержания компонентов эмульсионной системы в сточных водах, сбрасываемых из цехов, производящих каучуки эмульсионной полимеризацией. По основным физико-механическим показателям каучуки, резиновые смеси и вулканизаты, приготовленные на их основе, соответствуют предъявляемым требованиям.

Ключевые слова: латекс, вискозное волокно, полидиметилдiallyламмоний хлорид, коагуляция, вулканизаты

EXTRACTION OF RUBBER FROM LATEX BY HYBRID COAGULANT BASED ON POLYDIMETHYLDIALYLAMMONIUM CHLORIDE AND VISCOSE FIBER

N.S. Nikulina, I.N. Pugacheva, V.M. Misin, N.Yu. Sannikova, V.N. Verezhnikov, S.S. Nikulin

Nadezhda S. Nikulina

Department of Special Training of Voronezh Institute for Advanced Training of Employees of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Krasnoznamennaya st., 231, Voronezh, 394052, Russia

E-mail: nikulina2013@yandex.ru

Inna N. Pugacheva*

Faculty of Ecology and Chemical Technology of Voronezh State University of Engineering Technology, Revolutsii ave., 19, Voronezh, 394036, Russia

E-mail: eco-inna@yandex.ru *

Vyacheslav M. Misin

N.M. Emanuel Institute of Biochemical Physics of the RAS, Kosygina st., 4, Moscow, 119991, Russia

E-mail: misinmn@gmail.com

Viktor N. Verezhnikov

Departments of High-Molecular Compounds and Colloids of Voronezh State University, Universitetskaya sq., 1, Voronezh, 394006, Russia

E-mail: vvn@chem.vsu.ru

Natalia Yu. Sannikova, Sergey S. Nikulin

Department of Organic Synthesis Technology, Polymer Processing and Technosphere Safety of Voronezh State University of Engineering Technology, Revolution ave., 19, Voronezh, 394036, Russia

E-mail: cnu@inbox.ru, nikulin.nikuli@yandex.ru

In the proposed work, the possibility of using a hybrid coagulant based on a polymer cationic electrolyte-VPK – 402 (poly-N,N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride) in combination with viscose fiber in the technological process of separating SKS-30 ark rubber from latex is considered. The influence of the consumption of a hybrid coagulating agent, viscose fiber and its dosage, as well as the process temperature on the reduction of the aggregate stability of styrene-butadiene latex is considered. The influence of viscose fiber on the physical and mechanical properties of vulcanizates is established. At the same time, a number of features were noted consisting in a decrease in the aggregate stability of latex butadiene-styrene rubber during its coagulation with a hybrid coagulant. It was found that the use of a hybrid coagulant can reduce the consumption of cationic polyelectrolyte by up to 30%. It is shown that in the multicomponent system under consideration, several processes can occur simultaneously, which lead to the destabilization of latex dispersions. The use of a hybrid coagulant, including cationic polyelectrolyte, provides a combined effect of the bridging and neutralization mechanisms of violation of the aggre-

gate stability of the dispersion. The presence of viscose fiber in the dispersed phase leads to an additional coagulating effect-adagulation, which is a kind of heterocoagulation. This may be due to the difference in surface potentials between the latex globules and the fiber additive. It is established that the temperature regime of the process of isolation of rubber from latex does not significantly affect the completeness of the extraction of rubber from latex. A decrease in the content of components of the emulsion system in wastewater discharged from the shops producing rubbers by emulsion polymerization was noted. According to the main physical and mechanical parameters, rubbers, rubber mixtures and vulcanizates prepared on their basis meet the requirements.

Key words: latex, viscose fiber, polydimethyldiallylammonium chloride, coagulation, vulcanizates

Для цитирования:

Никулина Н.С., Пугачева И.Н., Мисин В.М., Санникова Н.Ю., Вережников В.Н., Никулин С.С. Выделение бутадиен-стирольного каучука из латекса гибридным коагулянтном на основе полидиметилдиаллиламмоний хлорида и вискозного волокна. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2021. Т. 64. Вып. 6. С. 62–68

For citation:

Nikulina N.S., Pugacheva I.N., Misin V.M., Sannikova N.Yu., Verezhnikov V.N., Nikulin S.S. Extraction of rubber from latex by 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

ВВЕДЕНИЕ

Производство синтетических каучуков во всем мире активно развивается. Совершенствование существующих технологий, внедрение нового аппаратного оформления процессов, новых каталитических и иницирующих систем и др. создает хорошие предпосылки к получению высококачественной продукции и созданию экологически чистых промышленных производств. Все это относится и к каучукам, получаемым эмульсионной полимеризацией [1-5].

Каучуки, получаемые эмульсионной сополимеризацией, обладают комплексом требуемых для промышленности свойств и находят широкое применение в шинной и резинотехнической промышленности, в дорожном строительстве, в композиционных составах различного назначения и др. [6-9]. Однако, несмотря на высокие технологии производства эмульсионных каучуков, они имеют и до настоящего времени свои недостатки. Самой материал- и энергоемкой стадией на данном производстве является стадия выделения каучука из латекса. Применяемые в настоящее время для выделения каучука из латекса соли металлов первой и второй группы периодической системы обладают относительной дешевизной, но входят в противоречие с экологическими требованиями, так как их расходные нормы составляют десятки и сотни килограммов для производства одной тонны каучука. Это приводит к загрязнению природных водоемов водными потоками, содержащими огромное количество как минеральных солей, так и других продуктов, входящих в состав латексной эмульсии.

В настоящее время опубликованы работы по применению разнообразных органических коагулянтов, позволяющих либо полностью исключить применение неорганических солей, либо значительно снизить их расход [10]. Особый интерес в этом плане представляют полимерные четвертичные соли аммония, расход которых на выделение одной тонны каучука не превышает 5 кг. Важной особенностью является также и то, что при использовании этих солей технологический процесс становится малочувствительным к колебаниям рН. Кроме того, четвертичные соли аммония являются катионными электролитами, взаимодействие которых с компонентами эмульсионной системы приводит к образованию водонерастворимых комплексов, которые захватываются образующейся крошкой каучука. Это способствует снижению загрязнения сточных вод промышленности синтетических каучуков поверхностно-активными веществами (ПАВ). Несмотря на ряд достоинств, которые имеют место при применении четвертичных солей аммония для выделения каучуков из латексов, данные соли имеют и свои недостатки: высокая стоимость и антисептическая активность, которые могут привести в случае проскока к гибели активного ила на очистных сооружениях и др. Кроме того, на некоторых действующих производствах из-за специфики их технологических процессов полимерные четвертичные соли не могут быть использованы.

Перечисленные выше положительные аспекты служат основанием для проведения дальнейших поисковых исследований по совершенствованию технологии выделения каучуков из латексов с применением четвертичных солей аммония.

В литературных источниках [11-13] в последние годы повышенное внимание уделяется получению наполненных полимерных материалов. При этом особый интерес представляет введение различных наполнителей на одной из стадий технологического процесса производства синтетических полимеров. Одним из основных достоинств данного процесса является получение полимерного композита с однородным распределением наполнителя в полимерной матрице. Использование данного приема в производстве эмульсионных каучуков позволяет снизить расход коагулирующих агентов, уменьшить загрязнение окружающей среды компонентами эмульсионной системы и решить ряд вопросов экологического характера [14]. Особый интерес в этом плане представляют волокнистые добавки. Внимание к использованию волокон в производстве эмульсионных каучуков базируется на том, что введение их в каучук должно способствовать снижению расхода дорогостоящих коагулирующих агентов (полимерных четвертичных солей аммония, например, ВПК-402). Кроме того, это будет приводить к уменьшению потерь каучука в виде мелкодисперсной крошки и снижению загрязнения окружающей среды сточными водами, содержащими компоненты эмульсионной системы. При этом необходимо отметить и то, что на текстильных предприятиях и в швейных мастерских образуется большое количество отходов волокнистого происхождения, которые до настоящего времени не находят применения и вывозятся в отвал, загрязняя окружающую среду [15, 16].

Особый интерес в этом плане представляют вискозные волокна, которые находят применение в производстве резинотехнических изделий и в частности при изготовлении клиновых ремней [12,17,18]. Достоинствами вискозных волокон является то, что они не нуждаются в вытяжке и термообработке и обладают хорошей адгезией к резине.

Цель работы – рассмотрение возможности применения в технологии выделения бутадиенстирольного каучука СКС-30 АРК из латекса гибридным коагулянтом на основе полимерного катионного электролита – ВПК-402 (поли-N,N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорида) в сочетании с вискозным волокном.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Коагуляцию латекса СКС-30 АРК проводили согласно общепринятой методике [20] с использованием гибридного коагулирующего аген-

та: ВПК-402 в виде водного раствора с концентрацией ~ 2,0%, раствора серной кислоты с концентрацией ~ 2,0% и измельченное вискозное волокно до размера 4,0-6,0 мм с диаметром ~ 0,1-0,08 мм. Промышленный латекс имел следующие характеристики: рН = 9,6; поверхностное натяжение $\sigma = 57,4$ мН/м; содержание сухого остатка 21,2% масс.; содержание связанного стирола 22,6% масс. Добавление вискозного волокна в латекс осуществляли совместно с коагулирующим агентом, подкисляющим агентом и серумом.

Выделение каучука из латекса проводили при заданной температуре и осуществляли на коагуляционной установке, представляющей собой емкость, снабженную перемешивающим устройством и помещенную в термостат для поддержания заданной температуры. 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 шкафу при температуре 82 ± 2 °С. Определение вязкости по Муни каучука и физико-механических показателей вулканизатов осуществляли согласно требованиям ГОСТ 15627-2019.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенными исследованиями установлено, что при использовании гибридного коагулянта ВПК-402 + вискозное волокно в процессе выделения каучука СКС-30 АРК из латекса, коагуляция протекает с меньшим расходом катионного полиэлектролита (табл. 1, 2).

Практически полное выделение каучука (с 93-95 %-ным выходом крошки каучука) достигается при расходе ВПК-402 1,5-1,7 кг/т каучука, тогда как в отсутствие волокна – 2 кг/т.

Таблица 1

Зависимость выхода крошки каучука от расхода ВПК-402

Table. 1. Dependence of the yield of rubber crumbs on the consumption of VPK-402

№	Расход ВПК-402, кг/т каучука	Выход крошки каучука, %	
		Температура коагуляции, 20 °С	Температура коагуляции, 60 °С
1	0,5	67-70	69-71
2	1,0	83-85	84-86
3	1,5	89-91	88-90
4	2,0	93-95	91-93
5	3,0	94-96	92-94

Примечание: расход серной кислоты – 12 кг/т каучука
Note: consumption of sulfuric acid – 12 kg/t of rubber

Таблица 2

Зависимость выхода образующейся крошки каучука от расхода ВПК-402 и вязкого волокна
Table 2. Dependence of the yield of the resulting crumb of rubber on the flow rate of VPK-402 and viscose fiber

№	Расход ВПК-402, кг/т каучука	Влияние количества волокна и температуры на выход крошки каучука, %			
		C ₁		C ₂	
		20 °С	60 °С	20 °С	60 °С
1	0,5	71-73	70-72	72-74	71-73
2	1,0	85-87	88-87	88-90	87-89
3	1,5	89-91	90-91	93-95	92-94
4	2,0	93-95	94-96	95-97	95-97
5	3,0	95-97	95-97	97-98	96-98

Примечание: C₁ – введено 0,5 % волокна; C₂ – введено 1,0 % волокна; длина волокна 5 ± 1 мм; расход H₂SO₄ – 12 кг/т каучука

Note: C₁ - 0.5 % fiber introduced; C₂ - 1.0 % fiber introduced; fiber length 5 ± 1 mm; H₂SO₄ consumption - 12 kg/t of rubber

Вторая практически важная особенность процесса при применении гибридного коагулянта – возможность достижения предельно высокого извлечения каучуковой фракции из дисперсной фазы (до 97-98%), чего не удастся добиться введением «чистого» ВПК-402. Оба результата имеют практическое значение и требуют хотя бы предположительного объяснения.

Следует исходить из того, что в рассматриваемой сложной многофазной многокомпонентной системе возможно одновременное протекание нескольких процессов, приводящих к выделению конечного коагулюма (крошки каучука).

Как известно, в случае применения коагулирующего агента типа катионного полиэлектролита выделение коагулюма из латекса обеспечивается совокупным действием мостичного и нейтрализационного механизмов нарушения агрегативной устойчивости дисперсии [21]. В присутствии дисперсной фазы в виде тонко диспергированного волокна возникает дополнительный коагулирующий фактор – возможность адагуляции, т.е. адсорбционный захват латексных глобул поверхностью введенного волокна. Подобная разновидность гетерокоагуляции получила достаточное теоретическое обоснование в рамках теории агрегативной устойчивости лиофобных дисперсных систем (теории ДЛФО) [19, 22]. В данном случае гетерокоагуляция (адагуляция) может быть вызвана различием в поверхностных потенциалах латексных глобул и волокна (так называемый несимметричный случай [12]), что вполне вероятно при наличии на глобулах исходного латекса защитного адсорбционного слоя ПАВ-эмульгатора. Учет фактора адагуляции, по нашему мне-

нию, и позволяет объяснить наблюдаемое в опытах с гибридным коагулянтom некоторое снижение расхода ВПК-402 для достижения необходимой полноты выделения каучука.

По-видимому, необходимо также принять во внимание, что при взаимодействии с катионным полиэлектролитом может происходить слипание и флокуляция волокон, что в свою очередь повлечет захват флокулами формирующихся мелких агрегатов глобул и уменьшение потерь полимера в виде мелкодисперсной фракции крошки.

Температурный режим процесса коагуляции не оказал значительного влияния на результаты процесса выделения каучука из латекса.

Анализ водной фазы (серума) показал отсутствие в ней волокон (табл. 3), что свидетельствует об их полном захвате образующейся крошкой каучука. Это исключает проросок волокон на очистные сооружения.

Таблица 3

Результаты анализа серума, получаемого при выделении каучука СКС-30 АРК из латекса

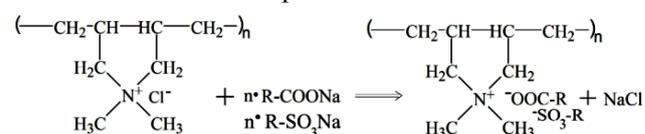
Table 3. Results of analysis of the serum obtained during the isolation of rubber SRS-30 ARC made of latex

Показатели	Контрольный образец	Дозировка волокна в латекс (на выделенный каучук), %		
	1	2	3	4
Содержание вязкого волокна в серуме, %	0	0	0	0
Сухой остаток, %	5,2	2,1	1,8	1,5
Содержание лейконола, мг/дм ³	247	2,3	0	0

Примечание: контрольный образец (1) – коагулянт хлорид натрия, расход 170 кг/т каучука. Композиционный коагулянт: ВПК-402; волокно - 0 кг/т каучука (2), 0,5 кг/т каучука (3), 1,0 кг/т каучука (4), температура 20 °С

Note: control sample (1) - sodium chloride coagulant, consumption 170 kg/t of rubber. Composite coagulant: VPK-402; fiber - 0 kg/t of rubber (2), 0.5 kg/t of rubber (3), 1.0 kg/t of rubber (4), temperature 20 °С

Важным результатом данных исследований является отсутствие в водной фазе гепатотоксичного продукта – лейконола. Связывание компонентов эмульсионной системы основано на химическом взаимодействии анионных поверхностно-активных веществ и диспергатора (лейконола) с катионным полиэлектролитом ВПК-402 по схеме:



Отдельно следует отметить, что в случае использования гибридного коагулянта наблюдали меньший разброс в экспериментальных результатах и более высокую их стабильность. Аналогичные результаты получены и при введении вискозного волокна в латекс с подкисляющим агентом и серумом.

На основе полученных образцов были приготовлены резиновые смеси и вулканизаты по стандартным методикам. Анализ экспериментальных данных показал, что по всем своим основным показателям контрольный и экспериментальные образцы соответствуют требованиям ГОСТ 15627-2019. По устойчивости к старению экспериментальные образцы превосходят контрольный (табл. 4).

Таблица 4

Результаты испытаний каучука СКС-30 АРК и вулканизатов на его основе
Table 4. Test results of SRS-30 ARC rubber and vulcanizates based on it

Показатель	Коагулянт			
	1	2	3	4
Вязкость по Муни каучука МБ (1+4) при 100 °С, усл. ед.	51	50	52	53
Массовая доля летучих веществ, %	0,18	0,15	0,15	0,17
Массовая доля антиоксиданта (агидол-2), %	1,0	1,0	1,0	1,0
Массовая доля золы, %, не более	0,19	0,16	0,14	0,13
Массовая доля связанного стирола, %	22,8	22,8	22,8	22,8
Условное напряжение при 300% удлинении, МПа	13,8	14,2	14,0	14,2
Условная прочность при растяжении, МПа	24,6	25,2	25,4	26,0
Относительное удлинение при разрыве, %	490	540	520	500
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	15	14	12	11
Сопротивление раздиру, кН/м	54	54	57	59
Коэффициент теплового старения:				
- по прочности;	0,59	0,61	0,66	0,68
- по относительному удлинению	0,38	0,39	0,43	0,42

Примечание: температура вулканизации 143 °С, продолжительность вулканизации 60 мин, коагулянты: 1 – хлорид натрия, 2 – ВПК-402, 3 – ВПК-402 + вискозное волокно (0,5 % на каучук), 4 – ВПК-402 + вискозное волокно (1,0 % на каучук)
Note: vulcanization temperature -143 °C, vulcanization duration -60 min, coagulants: 1 - sodium chloride, 2 - VPK-402, 3 - VPK-402 + viscose fiber (0.5% for rubber), 4 - VPK-402 + viscose fiber (1.0% for rubber)

ВЫВОДЫ

Введение вискозного волокна в количестве до 1,0% от массы каучука при его выделении позволяет снизить расход коагулирующего агента – ВПК-402 на 20-30%. Температура коагуляции не оказывает существенного влияния на массу образующейся крошки каучука. Применение гибридного коагулянта позволяет снизить содержание

компонентов эмульсионной системы в серуме, а также исключить присутствие в водной фазе гепатотоксичного диспергатора лейканола. Резиновые смеси на основе экспериментального каучука СКС-30 АРК по своим основным показателям соответствуют предъявляемым требованиям, а по устойчивости к старению превосходят контрольный образец.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амелина Н.В., Беляев П.С., Клинков А.С., Соколов М.В. Кинетика и аппаратно-технологическое оформление процесса изготовления резиновых нитей из латекса. Тамбов: Изд-во ТГТУ. 2015. 80 с.
2. Давлетбаева И.М., Григорьев Е.И. Химия и технология синтетического каучука. Казань: КГТУ. 2010. 116 с.
3. Гришин Б.С. Материалы резиновой промышленности. Казань: КГТУ. 2010. Т. 1. 506 с.
4. Гришин Б.С. Материалы резиновой промышленности. Казань: КГТУ. 2010. Т. 2. 488 с.
5. Вахитова Р.И., Сарачева Д.А., Киямов И.К., Сабитов Е.Б. Разрушение устойчивых эмульсий с применением нанодиспергированных фуллеренов. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2020. Т. 63. Вып. 4. С. 74-80.

REFERENCES

1. Amelina N.V., Belyaev P.S., Klinkov A.S., Sokolov M.V. Kinetics and hardware and technological design of the process of manufacturing rubber threads from latex. Tambov: Izd-vo TGTU. 2015. 80 p. (in Russian).
2. Davletbaeva I.M., Grigoriev E.I. Chemistry and technology of synthetic rubber. Kazan: KGTU. 2010. 116 p. (in Russian).
3. Grishin B.S. Materials of the rubber industry. Kazan: KGTU. 2010. V. 1. 506 p. (in Russian).
4. Grishin B.S. Materials of the rubber industry. Kazan: KGTU. 2010. V. 2. 488 p. (in Russian).
5. Vakhitova R.I., Saracheva D.A., Kiyamov I.K., Sabitov E.B. Destruction of stable emulsions using nanodispersed fullerenes. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2020. V. 63. N 4. P. 74-80.

6. **Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О., Давлетбаева И.М., Кирпичников П.А.** Химия и технология синтетического каучука. М.: Химия, КолосС. 2008. 357 с.
7. **Кулезнев В.Н., Шершнева В.А.** Химия и физика полимеров. М.: КолосС. 2007. 367 с.
8. **Папков В.Н., Ривин Э.М., Блинов Е.В.** Бутадиен-стирольные каучуки. Синтез и свойства. Воронеж: ВГУИТ. 2015. 315 с.
9. **Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С.** Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технологии. СПб.: Профессия. 2009. 560 с.
10. **Никulin С.С., Verezhnikov V.N.** Применение азотсодержащих соединений для выделения синтетических каучуков из латексов. *Хим. пром-ть сегодня*. 2004. № 4. С. 26 – 37.
11. **Акатова И.Н., Никulin С.С., Седых В.А.** Влияние малых добавок волокнистых наполнителей на свойства бутадиен-стирольного каучука и его вулканизатов. *Каучук и резина*. 2005. № 2. С. 32.
12. **Перепелкин К.Е.** Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. Монография. СПб.: Науч. осн. технол. 2009. 380 с.
13. **Мансурова И.А., Бурков А.А., Шилов И.Б., Долгий Э.О., Белозеров В.С., Хусайнов А.Д.** Влияние гибридного наполнителя технический углерод/углеродные нанотрубки на релаксационное поведение вулканизатов. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2019. Т. 62. Вып. 11. С. 106-111.
14. **Пугачева И.Н., Карманов А.В., Зуева С.Б., DeMichelis I., Ferella F., Molokanova L.V., Vegliò F.** Удаление тяжелых металлов текстильными отходами на основе целлюлозы. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2020. Т. 63. Вып. 2. С. 105-110.
15. **Бобович Б.Б., Десяткин В.В.** Переработка отходов производства и потребления. М.: Интернет Инжиниринг. 2000. 496 с.
16. **Башков А.П., Фролов В.Д.** Разработка ресурсосберегающих технологий для производства нетканых материалов технического назначения. Иваново: ИГТА. 2007. 288 с.
17. **Радишевский М.Б., Калачева А.В., Серков А.Т., Киселева Н.О.** Полу непрерывный способ производства вискозных текстильных нитей. *Хим. волокна*. 2003. № 6. С. 15-17.
18. **Шевердяев О.Н., Бобров А.П., Ильина И.А.** Технология резиновых изделий. М.: МГОУ. 2001. 271 с.
19. **Holmberg K., Jensson B., Kronberg B., Lindman B.** Surfactants and polymers in aqueous solutions. Laboratory of knowledge. 2007. 528 p.
20. **Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Пугачева И.Н., Кудрина Г.В., Филимонова О.Н.** Практикум по коллоидной химии латексов. М.: Изд. дом Акад. Естественных наук. 2011. 124 с.
21. **Баран А.А., Соломенцева И.М.** Флокуляция дисперсных систем водорастворимыми полимерами и ее применение в водоочистке. *Химия и технология воды*. 1983. Т. 3. № 2. С. 120-137.
22. **Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М.** Поверхностные силы. М.: Наука. 1985. 398 с.
6. **Averko-Antonovich L.A., Averko-Antonovich Yu.O., Davletbaeva I.M., Kirpichnikov P.A.** Chemistry and technology of synthetic rubber. M.: Khimiya, KolosS. 2008. 357 p. (in Russian).
7. **Kuleznev V.N., Shershnev V.A.** Chemistry and physics of polymers. M.: Koloss. 2007. 367 p. (in Russian).
8. **Papkov V.N., Rivin E.M., Blinov E.V.** Butadiene-styrene rubbers. Synthesis and properties. Voronezh: VGUIT. 2015. 315 p. (in Russian).
9. **Kerber M.L., Vinogradov V.M., Golovkin G.S.** Polymer composite materials: structure, properties, technologies. SPb.: Professiya. 2009. 560 p. (in Russian).
10. **Nikulin S.S., Verezhnikov V.N.** Application of nitrogen-containing compounds for the isolation of synthetic rubbers from latex. *Khim. Prom. Segodnya*. 2004. N 4. P. 26-37 (in Russian).
11. **Akatova I.N., Nikulin S.S., Sedykh V.A.** Influence of small additives of fibrous fillers on the properties of styrene-butadiene rubber and its vulcanizates. *Kauchuk Rezina*. 2005. N 2. P. 32 (in Russian).
12. **Perpelkin K.E.** Reinforcing fibers and fibrous polymer composites. Monograph. SPb.: Nauch. osn. tekhnol. 2009. 380 p. (in Russian).
13. **Mansurova I.A., Burkov A.A., Shilov I.B., Dolgiy E.O., Belozеров V.S., Khusainov A.D.** Effect of hybrid filler carbon black / carbon nanotubes on the relaxation behavior of vulcanizates. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2019. V. 62. N 11. P. 106-111. DOI: 10.6060/ivkkt.20196211.5979.
14. **Pugacheva I.N., Karmanov A.V., Zueva S.B., DeMichelis I., Ferella F., Molokanova L.V., Vegliò F.** Heavy metal removal by cellulose-based textile waste product. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2020. V. 63. N 2. P. 105-110. DOI: 10.6060/ivkkt.20206302.6098.
15. **Bobovich B.B., Devyatkin V.V.** Processing of production and consumption waste. M.: Internet Inzhiniring. 2000. 496 p. (in Russian).
16. **Bashkov A.P., Frolov V.D.** Development of resource-saving technologies for the production of nonwoven materials for technical purposes. Ivanovo: IGTA. 2007. 288 p. (in Russian).
17. **Radishevsky M.B., Kalacheva A.V., Serkov A.T., Kiseleva N.O.** semi-Continuous method of production of viscose textile threads. *Khim. Volokna*. 2003. N 6. P. 15-17 (in Russian).
18. **Sheverdyayev O.N., Bobrov A.P., Pina I.A.** Technology of rubber products. M.: MGOU. 2001. 271 p. (in Russian).
19. **Holmberg K., Jensson B., Kronberg B., Lindman B.** Surfactants and polymers in aqueous solutions. Laboratory of knowledge. 2007. 528 p.
20. **Poyarkova T.N., Nikulin S.S., Pugacheva I.N., Kudrina G.V., Filimonova O.N.** Practicum on colloidal chemistry of latexes. M.: Izd. dom Akademiya Estestvoznaniya. 2011. 124 p. (in Russian).
21. **Baran A.A., Solomentseva I.M.** Flocculation of dispersed systems with water-soluble polymers and its application in water treatment. *Khim. Tekhnol. Vody*. 1983. V. 3. N 2. P. 120-137 (in Russian).
22. **Deryagin B.V., Churaev N.V., Muller V.M.** Surface forces. M.: Nauka. 1985. 398 p. (in Russian).

Поступила в редакцию (Received) 12.01.2021
Принята к опубликованию (Accepted) 22.04.2021