

## Влияние степени полимеризации катионного полиэлектролита на его дозировку при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков

Юрий Н. Орлов<sup>1</sup> yury.oynd@yandex.ru

<sup>1</sup> Тольяттинский государственный университет, ул. Белорусская, 14, г. Тольятти, 445020, Россия

**Аннотация.** Обсуждены литературные данные по параметрам проведения коагуляции бутадиен-стирольных и бутадиен- $\alpha$ -метилстирольных латексов катионными полиэлектролитами в сравнении с низкомолекулярными аммонийными соединениями и неионногенными полимерами. Оптимальная дозировка катионного полиэлектролита при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков, стабилизированных комбинацией мыл синтетических жирных кислот и диспропорционированной канифоли со смесью натриевых солей олигомерного продукта конденсации  $\beta$ -нафталинсульфокислоты с формальдегидом (лейканола), определяется, при прочих равных условиях, его степенью полимеризации. Снижение оптимальной дозировки при переходе от высокомолекулярных полиэлектролитов к олигомерным вызвано уменьшением соотношения катионных и анионных звеньев, требующегося для полного связывания лейканола, при образовании олигомер-олигомерных комплексов по сравнению с полимер-олигомерными. Это объясняется, по-видимому, тем, что с увеличением средней молекулярной массы полиэлектролита увеличивается доля так называемых хвостов и петель, состоящих из звеньев полиэлектролита, не связанных с молекулами лейканола.

**Ключевые слова:** коагуляция латекса, катионные полиэлектролиты, оптимальная дозировка, степень полимеризации

## The impact of the of cationic polyelectrolyte polymerization degree in latexes coagulation dosage of synthetic emulsion rubbers

Yuriy N. Orlov<sup>1</sup> yury.oynd@yandex.ru

<sup>1</sup> Togliatti state university, Belorusskaya St., 14, Togliatti, 445020, Russia

**Abstract.** The literature data on the parameters of coagulation of butadiene-styrene and butadiene- $\alpha$ -methyl styrene latexes by cationic polyelectrolytes in comparison with low-molecular ammonium compounds and nonionic polymers are discussed. The optimal dosage of cationic polyelectrolyte during coagulation of synthetic emulsion rubber latex stabilized by a combination of synthetic fatty acid Soaps and disproportionated rosin with a mixture of sodium salts of the oligomeric condensation product  $\beta$ -naphthalenesulfonic acid with formaldehyde (Leukanol) is determined, ceteris paribus, by its degree of polymerization. The decrease in the optimum dosage during the transition from high molecular weight polyelectrolytes to the oligomers caused by decrease of the cationic and anionic groups ratio required for a complete binding Leukanol in the formation of oligomer-oligomer complexes compared with the polymer-oligomer complexes. This is due, apparently, the fact that an increase in the average molecular weight of the polyelectrolyte increases the proportion of so-called tails and loops, consisting of units of the polyelectrolyte that are not associated with molecules Leukanol.

**Keywords:** coagulation of the latex, the cationic polyelectrolytes, the optimal dosage, the degree of polymerization

### Введение

Одной из основных технологических стадий производства каучуков, получаемых эмульсионной полимеризацией, является коагуляция латекса. Стабилизация латекса в процессе полимеризации традиционно производится комбинацией мыл синтетических жирных кислот и диспропорционированной канифоли со смесью натриевых солей олигомерного продукта конденсации  $\beta$ -нафталинсульфокислоты с формальдегидом (лейканола). До недавнего времени наиболее распространённым способом дестабилизации латексов синтетических эмульсионных каучуков и последующей коагуляции являлось применение низкомолекулярного

электролита – хлорида натрия в сочетании с серной кислотой. Однако электролитная коагуляция имеет существенный недостаток: минеральные соли, пройдя очистные сооружения, полностью сбрасываются в естественные водоёмы, что приводит к их засолению и ухудшению экологического состояния [1].

Для преодоления этого недостатка предлагалось использование в качестве коагулянтов полифенолов [2], поликислот [3], полиамфолитов [4] и неионногенных полимеров с полярными группами [5], но наиболее эффективными коагулянтами оказались катионные полиэлектролиты в присутствии подкисляющего агента [6–8]. Их дестабилизирующее действие основано на образовании полиэлектролитного комплекса

Для цитирования

Орлов Ю.Н. Влияние степени полимеризации катионного полиэлектролита на его дозировку при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 318–324. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-318-324

For citation

Orlov Yu.N. The impact of the of cationic polyelectrolyte polymerization degree in latexes coagulation dosage of synthetic emulsion rubbers. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 318–324. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-318-324

с лейканолом, нерастворимого в воде. Применение катионных полиэлектролитов для коагуляции латексов позволяет полностью исключить использование для этих целей хлорида натрия и значительно снизить сброс в естественные водоёмы бионеразлагаемого лейканола.

Эффективность полиэлектролитов по дестабилизации противоположно заряженных коллоидных дисперсий зависит от их строения, средней молекулярной массы, линейной плотности заряда, ионной силы среды [9–11]. К настоящему времени проведены исследования коагуляции латексов под действием катионных полиэлектролитов различного состава и степени полимеризации. В данном сообщении обсуждены литературные сведения о параметрах проведения коагуляции бутадиен-стирольных и бутадиен- $\alpha$ -метилстирольных латексов полиамминами и полиаммонийными соединениями в сравнении с низкомолекулярными аммонийными соединениями и неионогенными полимерами [12–26].

#### **Результаты и обсуждение**

В таблицах 1 и 2 представлены параметры коагуляции латексов, проведённой с использованием катионных полиэлектролитов различной степени полимеризации и характеристической вязкости.

Как видно из приведённых данных, при применении низкомолекулярных аммонийных соединений требуются относительно высокие значения дозировки коагулянта (10–30 кг/т каучука), хотя и на порядок меньшие, чем при использовании хлорида натрия. Значительно более высокая по сравнению с хлоридом натрия эффективность коагуляции латексов при использовании N, N-диметил-N-этил-N-дегидроабиетиноиламмонийбромида, гидрохлорида 2, 2, 4 – триметил – 1,2 – дигидрохинолина и N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида объясняется образованием нерастворимых комплексов этих соединений с лейканолом [12–14]. При этом следует отметить, что оптимальная дозировка коагулянта снижается с повышением его поверхностной активности, приближаясь к эквимолекулярному соотношению с сульфогруппами лейканола для катионного ПАВ N, N-диметил-N-этил-N-дегидроабиетиноиламмонийбромида.

При использовании в качестве коагулянтов полиэлектролитов оптимальная дозировка закономерно снижается с увеличением содержания в макромолекуле третичных амино-

и алкиламмонийных групп и в меньшей степени при переходе от полиаминов к полимерным аммонийным соединениям. В отличие от неионогенного поливинилкапролактама, эффективность коагулирующего действия которого определяется возможностью адсорбции его макромолекул одновременно на двух латексных частицах и повышается с ростом средней степени полимеризации, с увеличением средней степени полимеризации полиэлектролита и его характеристической вязкости наблюдается тенденция к увеличению его оптимальной дозировки. Близкая к стехиометрическому соотношению ионогенных групп оптимальная дозировка коагулянта достигается при применении олигоэлектролитов со степенью полимеризации, не превышающей 40. В случае использования полиэлектролитов с большей средней степенью полимеризации оптимальная дозировка находится на уровне, соответствующему соотношению ионогенных групп коагулянта и стабилизатора латекса, близкому к 2:1. Это объясняется, по-видимому, снижением степени связывания звеньев полиэлектролита относительно большей молекулярной массы с олигомерными молекулами лейканола из-за образования так называемых «хвостов» и «петель», состоящих из звеньев полиэлектролита, не связанных с молекулами лейканола. Подтверждением этого вывода являются результаты изучения закономерностей связывания лейканола катионными полиэлектролитами [27, 28], согласно которым с ростом степени полимеризации катионных полиэлектролитов – производных полиакриламида, содержащих боковые амидо- и аминогруппы, увеличивается расход полиэлектролита, соответствующий полному связыванию лейканола. Кроме того, аналогичное сравнительное исследование образования нерастворимых полимер-коллоидных комплексов при взаимодействии анионных групп низкомолекулярного и олигомерного эмульгаторов, соответственно додецилсульфата натрия и лейканола, с катионным полиэлектролитом методом турбидиметрического титрования показало, что если связывание низкомолекулярного ПАВ происходит в эквивалентном соотношении, то полное связывание олигомерного ПАВ из-за пространственных затруднений требует избытка полиэлектролита [18].

Параметры проведения коагуляции бутадиен-стирольных и бутадиен- $\alpha$ -метилстирольных латексов коагулянтами различной степени полимеризации

Parameters of coagulation of butadiene-styrene and butadiene- $\alpha$ -methyl styrene latexes

Коагулянт Coagulant	Характеристика коагулянта Characterization of coagulant		Параметры коагуляции Parameters of coagulation							Литература   Ref
	Средняя молекулярная масса Average degree of polymerization	Средняя степень полимеризации Average degree of polymerization	Сухой остаток латекса, % масс. The dry residue of the latex, wt. %	Разбавление латекса при коагуляции The ratio of latex : serum	Температура, °С Temperature, °C	Дозировка серной кислоты, кг/т каучука Dosage of sulfuric acid, kg/t of rubber	Дозировка коагулянта Coagulant dosage		Выход коагулята, % от массы сухого остатка Coagulate yield, % by weight of dry residue	
							кг/т каучука kg/t latex	ион/ион лейканола ion/ion of Leucanol		
N, N-диметил-N-этил-N-дегидроабетиноламмонийбромид N, N-dimethyl-N-ethyl-N-dehydroabietylammonium bromide	480	1	20,0	1:2	20–80	15	10	1,26	97	[12]
Гидрохлорид 2, 2, 4 – триметил – 1,2 – дигидрохинолина 2, 2, 4 – trimethyl – 1,2 – dihydroquinoline hydrochloride	209,5	1	21,2	1:1	20	15	12,6	3,64	97	[13]
N, N-диметил-N, N-диаллилламмонийхлорид N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride	161,5	1	22,1	1:1	60	12	30	11,2	94	[14]
			21,5	1:1	40	15	30	11,2	95	[15]
Поли-N-винилкапролактан Poly-N-vinylcaprolactam	2,65×10 <sup>3</sup> 3,5×10 <sup>6</sup>	19 25180	1,0	1:1	20	15	39	-	70	[16]
							53	-	100	
Поли-N, N-диметиламиноэтилметакрилат Poly-N, N-dimethylaminoethylmethacrylate	10×10 <sup>3</sup> 30×10 <sup>3</sup>	64 192	23,9	1:1	20	15	5,8	2,24	97	[17]
							5,4	2,08	97	
Продукт кватернизации поли-N, N-диметил-аминоэтилметакрилата н-пропилбромидом Quaternization product of poly-N, N-dimethylaminoethylmethacrylate by n-propyl bromide	12,3×10 <sup>3</sup> 42,0×10 <sup>3</sup>	64* 192**	23,9	1:1	20	15	6,7	2,10	98	[17, 18]
							7,0	1,94	97	
Сополимер N, N-диметиламиноэтилметакрилата и метакриламида (0,5:0,5) Copolymer of N, N-dimethylaminoethylmethacrylate and methacrylamide (0.5:0.5)	-	-	23,9	1:1	20	15	15	3,75	96	[17, 18]
Продукт кватернизации сополимера N, N-диметиламиноэтилметакрилата и метакриламида н-пропилбромидом Product of the quaternization of the copolymer N, N by dimethylaminoethylmethacrylate and n-propyl bromide methacrylamide	-	-	23,9	1:1	20	15	13	2,15	98	[17, 18]
Поли-N, N-диметил-N, N-диаллилламмонийхлорид Poly-N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride	(16–172)×10 <sup>3</sup>	99–1065	22,1	1:1	60	12	5	1,87	94	[14, 20, 21]
Сополимер N, N-диметил-N, N-диаллилламмонийхлорида с малеиновой кислотой (0,75:0,25) Copolymer N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride with maleic acid (0,75:0,25)	(5 – 8)×10 <sup>3</sup>	25–40	23,0	1:1	40–80	15	2,5–3,0	0,91	98	[20, 23]
						30	1,5	0,45	91	
						30	1,0	0,30	80	
Поли-N, N-диметил-2-оксипропиленаммоний хлорид Poly-N, N-dimethyl-2-oxupropylene ammonium chloride	3×10 <sup>5</sup>	2180	19,0	1:1	20–80	15	4	1,76	100	[24]
Продукт сополиконденсации эпихлоргидрина с диметиламином и аммиаком The polycondensation product of epichlorohydrin with dimethylamine and ammonia	(1,1 – 1,3)×10 <sup>3</sup>	8–10	20,0	1:2	20–80	12	2,4	1,06	97	[25]

\* – степень кватернизации 29 %; \*\* – степень кватернизации 50 % | Note: \* – the degree of quaternization 29 %; \*\* – the degree of quaternization 50 %

Таблица 2.

Параметры проведения коагуляции бутадиен-стирольных и бутадиен- $\alpha$ -метилстирольных латексов полиэлектролитами различной характеристической вязкости

Table 2.

Parameters of coagulation of butadiene-styrene and butadiene- $\alpha$ -methyl styrene latexes

Коагулянт Coagulant	Характеристика коагулянта Characterization of coagulant		Параметры коагуляции Parameters of coagulation							Литература   Ref	
	[ $\eta$ ], дл/г	Условия определения The conditions determining	Сухой остаток латекса, % масс. The dry residue of the latex, wt. %	Разбавление латекса при коагуляции The ratio of latex : serum	Температура, °С Temperature, °С	Дозировка серной кислоты, кг/т каучука Dosage of sulfuric acid, kg/t of rubber	Дозировка коагулянта Coagulant dosage		Выход коагулята, % от массы сухого остатка Coagulate yield, % by weight of dry residue		
Сополимер N-винилкапролактама с 1-винил-2-метилимидазолом (0,57:0,43) Copolymer of N-vinylcaprolactam with 1-vinyl-2-methylimidazole (0.57:0.43)	0,10–0,12	Вода, 25 °С	1.0	1:1	20	15	9,4	10,5	89	[16]	
Сополимер N-винилкапролактама с 1-винил-2-метил-3-пропилимидазолиййодидом (0,66:0,34) Copolymer of N-vinylcaprolactam with 1-vinyl-2-methyl-3-propylimidazolium iodide (0.66:0.34)	0,10–0,12	Метанол, 25 °С	1.0	1:1	20	15	3	2,87	94	[16]	
Поли-N, N-диметиламиноэтилметакрилат Poly-N, N-dimethylaminoethyl methacrylate	0,16 0,33	1 н р-р NaCl, 20 °С	23,9	1:1	20	15	5,8 5,4	2,24 2,08	97 97	[17]	
Поли-N, N-диметил-N-метакрилоилоксиэтиламмонийхлорид Poly-N, N-dimethyl-N-methacryloyloxyethyl ammonium chloride	2,4 1,0	Формаид, 30 °С	23,9	1:1	20	15	7,0 5,4	2,19 1,69	93 98	[17– 19]	
Поли-N, N-диметил-N-метакрилоилоксиэтиламмонийнитрат Poly-N, N-dimethyl-N-methacryloyloxyethyl ammonium nitrate	1,5 4,0		23,9	1:1	20	15	8,8 13,3	2,42 3,66	95 98	[17– 19]	
Поли-N, N-диметил-N-метакрилоилоксиэтиламмонийсульфат Poly-N, N-dimethyl-N-methacryloyloxyethyl ammonium sulfate	3,3 5,2 4,7		23,9	1:1	20	15	11 9 29	2,61 2,14 6,88	100 95 96	[17– 19]	
Поли-N, N-диметил-N-метакрилоилоксиэтиламмонийфосфат Poly-N, N-dimethyl-N-methacryloyloxyethyl ammonium phosphate	1,8		23,9	1:1	20	15	17	4,03	95	[17– 19]	
Поли-N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорид Poly-N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride	0,76–3,1		0,1 М р-р NaCl	22,1	1:1	60	12	5	1,87	94	[14, 20, 21]
Сополимер N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида с диоксидом серы (0,5:0,5) Copolymer N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride with sulfur dioxide (0.5:0.5)	0,056		2М р-р NaCl	22,1	1:1	60	12 8 0	5 9 19	1,34 2,41 5,10	94	[14, 20, 22]
Сополимер N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида с акриламидом (0,2:0,8) Copolymer N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium chloride with acrylamid (0.2:0.8)	0,21	0,1 М р-р NaCl	21,1	1:1	80	15–20	5	0,68	90	[20, 26]	

### Заключение

Оптимальная дозировка катионного полиэлектролита при проведении коагуляции латексов синтетических эмульсионных каучуков, стабилизированных мылами карбоновых кислот и лейканолом, определяется, при прочих равных условиях, степенью его полимеризации.

### ЛИТЕРАТУРА

1 Папков В.Н., Сигов О.В., Рогозина Т.Е. и др. Современные способы коагуляции синтетических латексов при производстве эмульсионных каучуков // Производство и использование эластомеров. 2000. № 6. С. 3–6.

2 Pat. № 4025711, USA, C08F 6/22. Latex coagulation process using lignin compound / Davidson M.J.G., Wunder R.H. Publ. 24. 05.1977.

3 А.с. № 1541219, СССР, C08 C 1/14, C08F 236/10. Способ бессолевого выделения маслonaполненных бутадиен-(метил)стирольных каучуков / Сигов О.В., Тихомиров Г.С., Сааков Э.М. и др. № 4287025/23-05; Заявл. 20.07.1987; Опубл. 07.02.1990, Бюлл. № 5.

4 А.с. № 1065424, СССР, C08C 1/15. Способ выделения синтетических каучуков из латекса / Моисеев В.В., Косовцев В.В., Попова О.К. и др. № 3489632/23-05; Заявл. 09.09.1982; Опубл. 07.01.1984, Бюлл. № 1.

5 EP № 1739102 A1, C08F 6/22, 265/04, 279/02. Method for producing coagulated particles from emulsion polymerization latex / Takashi H. Publ. 03.01.2007.

6 А.с. № 1700007, СССР, C08C 1/15. Способ выделения синтетических каучуков / Моисеев В.В., Косовцев В.В., Гуляева Н.А. и др. № 4629764/05; Заявл. 02.04.1989; Опубл. 23.12.1991, Бюлл. № 47.

7 Пат. № 2253656, RU, C08C 1/15. Способ выделения синтетических каучуков из латексов / Сигов О.В., Гусев Ю.К., Папков В.Н. и др. № 2004114319/04; Заявл. 13.05.2004; Опубл. 10.06.2005, Бюлл. № 16.

8 Пат. № 2281293, RU, C08C 1/15, C08C 2/06, C02F 1/56. Коагулянт для выделения синтетических каучуков из жидких сред / Батищев Е.А., Михальская О.С., Семенов О.В. № 2005117457/15; Заявл. 07.06.2005; Опубл. 10.08.2006, Бюлл. № 22.

9 Rasteiro M.G., Garcia F.A.P., Ferreira P.J. Flocculation by cationic polyelectrolytes: relating efficiency with polyelectrolyte characteristics // Journal of Applied Polymer Science. 2010. V. 116. P. 3603–3612.

10 Christensen P.V., Hinge M., Keiding K. The use of dielectric spectroscopy in the investigation of the effect of polymer choice on the flocculation of polystyrene particles // Journal of Colloid and Interface Science. 2009. V. 331. P. 113–121. doi: 10.1016/j.jcis.2008.11.027.

11 Popa I., Gillies G., Papastavrou G., Borkovec M. Attractive and Repulsive Electrostatic Forces between Positively Charged Latex Particles in the Presence of Anionic Linear Polyelectrolytes // The Journal of Physical Chemistry B. 2010. V. 114. P. 3170–3177. doi: 10.1021/jp911482a.

12 Крючкова Н.В., Орлов Ю.Н., Головачева О.А. и др. Особенности флокуляции синтетических латексов при использовании четвертичного аммониевого соединения на основе смоляных кислот и канифоли // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. № 2. С. 288–292.

Повышение эффективности коагулирующего действия при переходе от высокомолекулярных полиэлектролитов к олигомерным связано с уменьшением соотношения катионных и анионных звеньев, требующегося для полного связывания лейканола, при образовании олигомер-олигомерных комплексов по сравнению с полимер-олигомерными.

13 Никулин С.С., Вережников В.Н., Пояркова Т.Н., Шмырева Ж.В. Гидрохлорид 2,2,4 – триметил – 1,2 – дигидрохинолина как коагулянт бутадиен-стирольных латексов // Журнал прикладной химии. 2003. Т. 76. № 8. С. 1355–1358.

14 Корнехо Туэрос Х.В., Никулина Н.С., Никулин С.С. Влияние концентрации дисперсной фазы, катионного электролита и серума на процесс выделения каучука из латекса с применением четвертичных солей аммония // Вестник ВГУИТ. 2013. № 1. С. 119–121.

15 Никулина Н.С., Романюк Е.В., Никулин С.С. Влияние четвертичных солей аммония на процесс выделения наполненного маслом каучука из латекса // Вестник ВГУИТ. 2016. № 1. С. 164–166.

16 Шаталов Г.В., Вережников В.Н., Чурилина Е.В. и др. Флокуляция латекса синтетического каучука гомо- и сополимерами N-винилкапролактама с N-винилимидазолами // Журнал прикладной химии. 2003. Т. 76. № 11. С. 1890–1894.

17 Вережников В.Н., Минькова Т.В., Пояркова Т.Н. Синтез и оценка флокулирующей способности полиэлектролитами на основе N, N-диметиламиноэтилметакрилата // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2004. № 2. С. 28–31.

18 Вережников В.Н., Минькова Т.В., Пояркова Т.Н. Синтез полимеров на основе N, N-диметиламиноэтилметакрилата и их флокулирующая способность // Конденсированные среды и межфазные границы. 2005. Т. 7. № 4. С. 424–429.

19 Вережников В.Н., Минькова Т.В., Пояркова Т.Н. Флокуляция бутадиен-стирольного латекса полимерными аммониевыми солями N, N-диметиламиноэтилметакрилата и минеральных кислот // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 5. С. 835–839.

20 Мисин В.М., Никулин С.С., Дюмаев К.М. Коагуляция промышленных эмульсионных каучуков в России полимерными четвертичными аммонийными солями. Хронология развития работы // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 1. С. 97–109.

21 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Flocculation Power of Poly-N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium Chloride of Various Molecular Weights // Russian Journal of Applied Chemistry. 2002. V. 75. № 3. P. 461–464. doi: 10.1023/A:1016163309427.

22 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Separation of Styrene-Butadiene Rubbers from Latexes Using Dimethyldiallylammonium Chloride – SO<sub>2</sub> Copolymer // Russian Journal of Applied Chemistry. 2001. V. 74. № 7. P. 1225–1229. doi: 10.1023/A:1013004025985.

23 Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Бологова Ю.С., Мисин В.М. Изучение эффективности флокулирующего действия сополимера N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлорида с малеиновой кислотой при выделении бутадиен-стирольного каучука из латекса // Конденсированные среды и межфазные границы. 2008. Т. 10. № 4. С. 261–265.

24 Никулин С.С., Пояркова Т.Н., Мисин В.М. Коагуляция бутадиен-стирольного латекса поли-N, N-диметил-2-оксипропиламмонийхлоридом // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 6. С. 996–1000.

25 Крючкова Н.В., Орлов Ю.Н., Леванова С.В. Исследование процесса выделения эмульсионных бутадиен-( $\alpha$ -метил) стирольных каучуков с применением катионного полиэлектролита поли-N, N'-диметил-N-2-гидроксипропиламмонийхлорида // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. № 11. С. 1893–1897.

26 Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. Prospects for Using the Copolymer of N, N-Dimethyl-N, N-diallylammonium Chloride with Acrylamide in Production of Butadiene-Styrene Rubber // Russian Journal of Applied Chemistry. 2011. V. 84. № 5. P. 853–858. doi: 10.1134/S1070427211050247.

27 Кашлинская П.Е., Вережников В.Н., Пояркова Т.Н. Взаимодействие лейканола с катионными полиэлектролитами – коагулянтами синтетических латексов // Журнал прикладной химии. 1991. № 1. С. 218–220.

28 Вережников В.Н., Никулин С.С., Пояркова Т.Н. и др. Перспективы выделения синтетических каучуков из латексов органическими коагулянтами // Вестник Тамбовского университета. 1997. Т. 2. № 1. С. 47–52.

#### REFERENCES

1 Papkov V.N., Sigov O.V., Rogozina T.E. et al. Modern methods of coagulation of synthetic latex in the production of emulsion rubbers. *Proizvodstvo i ispol'zovanie ehlastomerov* [Production and use of elastomers]. 2000. no. 6. pp. 3–6. (in Russian).

2 Davidson M.J.G., Wunder R.H. Latex coagulation process using lignin compound. Patent USA, no. 4025711, 1977.

3 Sigov O.V., Tikhomirov G.S., Saakov E.M. et al. Sposob bessolevogo vydeleniya maslonapolnennykh butadien-(metil)stirolnykh kauchukov [Method for salt-free extraction of oil-filled butadiene (methyl) styrene rubbers]. Copyright certificate USSR, no. 1541219, 1990.

4 Moiseev V.V., Kosovtsev V.V., Popova O.K. et al. Sposob vydeleniya sinteticheskikh kauchukov iz lateksa [Method of extraction of synthetic rubber from latex]. Copyright certificate USSR, no. 1065424, 1984.

5 Takashi H. Method for producing coagulated particles from emulsion polymerization latex. EP no. 1739102 A1, 2007.

6 Moiseev V.V., Kosovtsev V.V., Gulyaeva N.A. et al. Sposob vydeleniya sinteticheskikh kauchukov [The method of extraction of synthetic rubber]. Copyright certificate USSR, no. 1700007, 1991.

7 Sigov O.V., Gusev Yu.K., Papkov V.N. et al. Sposob vydeleniya sinteticheskikh kauchukov iz lateksov [Method of extracting synthetic rubbers from latex]. Patent RF, no. 2253656, 2005.

8 Batishev E.A., Mikhail'skaya O.S., Semenenko O.V. Koagulyant dlya vydeleniya sinteticheskikh kauchukov iz zhidkikh sred [Coagulant for the isolation of synthetic rubbers from liquid media]. Patent RF, no. 2281293, 2006.

9 Rasteiro M.G., Garcia F.A.P., Ferreira P.J. Flocculation by cationic polyelectrolytes: relating efficiency with polyelectrolyte characteristics. *Journal of Applied Polymer Science*. 2010. vol. 116. pp. 3603–3612.

10 Christensen P.V., Hinge M., Keiding K. The use of dielectric spectroscopy in the investigation of the effect of polymer choice on the flocculation of polystyrene particles. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2009. vol. 331. pp. 113–121. doi: 10.1016/j.jcis.2008.11.027.

11 Popa I., Gillies G., Papastavrou G., Borkovec M. Attractive and Repulsive Electrostatic Forces between Positively Charged Latex Particles in the Presence of Anionic Linear Polyelectrolytes. *The Journal of Physical Chemistry B*. 2010. vol. 114. pp. 3170–3177. doi: 10.1021/jp911482a.

12 Kryuchkova N.V., Orlov Yu.N., Golovacheva O.A. et al. Features of flocculation of synthetic latexes using quaternary ammonium compounds based on resin acids and rosin. *Zhurnal prikladnoy khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2011. vol. 84. no. 2. pp. 288–292. (in Russian)

13 Nikulin S.S., Verezhnikov V.N., Poyarkova T.N., Shmyreva Zh.V. Hydrochloride 2,2,4 - trimethyl - 1,2 - dihydroquinoline as a coagulant of styrene-butadiene latexes. *Zhurnal prikladnoy khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2003. vol. 76. no. 8. pp. 1355–1358. (in Russian).

14 Kornekho Tuehros Kh.V., Nikulina N.S., Nikulin S.S. The influence of the concentration of the dispersed phase, cationic electrolyte and serum on the process of separation of rubber from latex using quaternary ammonium salts. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2013. no. 1. pp. 119–121. (in Russian).

15 Nikulina N.S., Romanyuk E.V., Nikulin S.S. The influence of quaternary ammonium salts on the process of separation of rubber filled with oil from latex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 1. pp. 164–166. (in Russian).

16 Shatalov G.V., Verezhnikov V.N., Churilina E.V. et al. Flocculation of synthetic rubber latex with vinylcaprolactam N-vinylimidazoles homo- and copolymers. *Zhurnal prikladnoy khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2003. vol. 76. no. 11. pp. 1890–1894. (in Russian).

17 Verezhnikov V.N., Min'kova T.V., Poyarkova T.N. Synthesis and evaluation of flocculating ability of polyelectrolytes based on N, N dimethylaminoethyl methacrylate. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Vestnik VSU. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]. 2004. no. 2. pp. 28–31. (in Russian).

18 Verezhnikov V.N., Min'kova T.V., Poyarkova T.N. Synthesis of polymers based on N, N dimethylaminoethyl methacrylate and their flocculating ability. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy* [Condensed media and interphase boundaries]. 2005. vol. 7. no. 4. pp. 424–429. (in Russian).

19 Verezhnikov V.N., Min'kova T.V., Poyarkova T.N. Flocculation of styrene-butadiene latex polymeric ammonium salts N, N of dimethylaminoethyl methacrylate and mineral acids. *Zhurnal prikladnoy khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2004. vol. 77. no. 5. pp. 835–839. (in Russian).

20 Misin V.M., Nikulin S.S., Dyumaev K.M. Coagulation of industrial emulsion rubbers in Russia with polymeric quaternary ammonium salts. Chronology of the development of work. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2013. no. 1. pp. 97–109. (in Russian).

21 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Flocculation Power of Poly-N, N-dimethyl-N, N-diallylammonium Chloride of Various Molecular Weights. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2002. vol. 75. no. 3. pp. 461–464. doi: 10.1023/A:1016163309427.

22 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Separation of Styrene-Butadiene Rubbers from Latexes Using Dimethyldiallylammonium Chloride – SO<sub>2</sub> Copolymer. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2001. vol. 74. no. 7. pp. 1225–1229. doi: 10.1023/A:1013004025985.

23 Poyarkova T.N., Nikulin S.S., Bologova Yu.S., Misin V.M. Study of the effectiveness of the flocculating action of N, N dimethyl-N, N copolymer of diallylammonium chloride with maleic acid in the isolation of latex-styrene butadiene rubber. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy* [Condensed media and interphase boundaries]. 2008. vol. 10. no. 4. pp. 261–265. (in Russian).

24 Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. Coagulation of styrene-butadiene latex poly-N, N dimethyl 2 with hydroxypropylene ammonium chloride. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2004. vol. 77. no. 6. pp. 996–1000. (in Russian).

25 Kryuchkova N.V., Orlov Yu.N., Levanova S.V. Study of the process of separation of emulsion butadiene ( $\alpha$ -methyl) styrene rubbers using cationic polyelectrolyte poly-N, N'-dimethyl-N 2 hydroxypropylammonium chloride. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 2011. vol. 84. no. 11. pp. 1893–1897. (in Russian).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Юрий Н. Орлов** к.х.н., доцент, кафедра химии, химических процессов и технологий, Тольяттинский государственный университет, ул. Белорусская, 14, г. Тольятти, 445020, Россия, yury.orn@yandex.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Юрий Н. Орлов** написал рукопись, редактировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.12.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.02.2019

26 Nikulin S.S., Poyarkova T.N., Misin V.M. Prospects for Using the Copolymer of N, N-Dimethyl-N, N-diallylammonium Chloride with Acrylamide in Production of Butadiene-Styrene Rubber. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2011. vol. 84. no. 5. pp. 853–858. doi: 10.1134/S1070427211050247.

27 Kashlinskaya P.E., Verezhnikov V.N., Poyarkova T.N. The interaction of leukanol with cationic polyelectrolytes - coagulants of synthetic latexes. *Zhurnal prikladnoj khimii* [Journal of Applied Chemistry]. 1991. no. 1. pp. 218–220. (in Russian).

28 Verezhnikov V.N., Nikulin S.S., Poyarkova T.N. et al. Prospects for the isolation of synthetic rubbers from latex organic coagulants. *Vestnik Tambovskogo universiteta* [Bulletin of Tambov University]. 1997. vol. 2. no. 1. pp. 47–52. (in Russian).

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Yuriy N. Orlov** Cand. Sci. (Chem.), associate professor, chemistry, chemical processes and technologies department, Togliatti state university, Belorusskaya St., 14 Togliatti, 445020, Russia, yury.orn@yandex.ru

#### CONTRIBUTION

**Yuriy N. Orlov** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.17.2018

ACCEPTED 2.14.2019