

**ВОДОНАБУХАЮЩИЕ РЕЗИНЫ,
НАПОЛНЕННЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫМ ПОРОШКОМ ХЛОПКА****Е.Н. Черезова, Ю.С. Карасева**

Елена Николаевна Черезова *

Кафедра технологии синтетического каучука, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, Казань, Российская Федерация, 420015

E-mail: cherezova59@mail.ru *

Юлия Сергеевна Карасева

Кафедра химии и технологии переработки эластомеров, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, Казань, Российская Федерация, 420015

E-mail: karaseva_j@mail.ru

В ходе исследования изучена возможность использования порошковой хлопковой целлюлозы в качестве водонабухающего наполнителя (ВНН), который позволяет повысить прочностные характеристики набухающих резин в сравнении с наполнителем Na-карбоксиметилцеллюлозой (Na-КМЦ). Установлено, что при введении ВНН время до начала вулканизации резин и время достижения оптимума вулканизации остаются на уровне образца, не содержащего ВНН. При этом возрастает минимальный и максимальный крутящие моменты, что указывает на повышение вязкости композиций. Обнаружено, что введение порошковой хлопковой целлюлозы приводит к повышению твердости по Шору А резин по сравнению с контрольными образцами до 40% и незначительному снижению эластичности по отскоку. Выявлено, что условная прочность при растяжении образцов, наполненных порошковой хлопковой целлюлозой, в 3 раза выше по сравнению с резиной, наполненной Na-КМЦ. Для снижения вязкости резин с ВНН использованы пластификаторы ПН-6 (смесь ароматических углеводов) и Т-92 (смесь диоксановых эфиров и спиртов) в количестве 30 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. Введение пластификаторов позволило снизить твердость по Шору А по сравнению с образцами без пластификатора на 7-12%. Введение пластификаторов ПН-6 или Т-92 в резиновые композиции, как содержащие в качестве ВНН смесь порошковой хлопковой целлюлозы с Na-КМЦ, так содержащие их индивидуально, снижает условную прочность при растяжении резин по сравнению с образцами без пластификатора. При этом при использовании Т-92 условная прочность при растяжении снижается в меньшей степени, чем при введении пластификатора ПН-6. Выявлено, что при замене Na-КМЦ на порошковую хлопковую целлюлозу степень набухания резин снижается как в щелочных, так и в кислых средах.

Ключевые слова: бутадиен-нитрильный каучук, набухающая резина, водонабухающий наполнитель, порошковая хлопковая целлюлоза

WATER-SWELLING RUBBERS FILLED WITH MODIFIED COTTON POWDER**E.N. Cherezova, Yu.S. Karaseva**

Elena N. Cherezova*

Department of Technology of Synthetic Rubber Department, Kazan National Research Technological University, Karl Marx st., 8, Kazan, 420015, Russia

E-mail: cherezova59@mail.ru *

Yulia S. Karaseva

Department of Chemistry and Processing Technology of Elastomers, Kazan National Research Technological University, Karl Marx st., 68, Kazan, 420015, Russia

E-mail: karaseva_j@mail.ru

In the course of this study, the possibility of using powdered cotton cellulose as a water-swelling filler (WSF), which made it possible to improve the strength characteristics of rubbers in comparison with Na-carboxymethyl cellulose (Na-CMC), was studied. Compound scorch time and optimum time of vulcanization of the samples with WSF remained at the level of the sample without WSF. Minimum and maximum torques of the samples with WSF increased. That indicates an increase in the viscosity of the compounds. The introduction of powdered cotton cellulose led to an increase in Shore A hardness of the rubbers up to 40% and a slight decrease in reflection elasticity of the rubbers compared to the control. It was found that tensile strength of the samples filled with powdered cotton cellulose was 3 times higher compared to the rubbers filled with Na-CMC. Reducing viscosity of the rubbers with WSF was achieved using plasticizers PN-6 (a mixture of aromatic hydrocarbons) and T-92 (a mixture of dioxane ethers and alcohols) in an amount of 30 parts per 100 parts of rubber by weight. The introduction of the plasticizers made it possible to reduce Shore A hardness in comparison with the samples without the plasticizers by 7-12%. The introduction of PN-6 and T-92 plasticizers into rubber compounds, both containing mixed swelling polymers from Na-CMC and powdered cellulose, or individually, reduced tensile strength of the rubbers in comparison with the samples without the plasticizers. At the same time, with the introduction of T-92, tensile strength of the samples decreased to a lesser extent than with the introduction of PN-6 plasticizer. It was found that when replacing the water-swelling Na-CMC filler with powdered cotton cellulose, the degree of rubbers swelling decreases both in alkaline and acidic environments.

Key words: nitrile butadiene rubber, swelling rubber, water-swelling filler, powdered cotton cellulose

Для цитирования:

Черезова Е.Н., Карасева Ю.С. Водонабухающие резины, наполненные модифицированным порошком хлопка. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65. Вып. 4. С. 71–78

For citation:

Cherezova E.N., Karaseva Yu.S. Water-swelling rubbers filled with modified cotton powder. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 4. P. 71–78

ВВЕДЕНИЕ

Для производства уплотнительных элементов (УЭ) в быту, строительстве, машиностроении используют ограниченно набухающие резины. Резина, легко заполняя пространство между сопрягаемыми элементами, в том числе и по шероховатым поверхностям, обеспечивает высокую степень герметизации при минимальных затратах [1-6]. Особенно широко такие резины применяют в настоящее время в нефтегазовой промышленности для изготовления уплотнительных элементов пакерного оборудования [7-10]. Наиболее часто в качестве основы при разработке резиновых УЭ для пакерного оборудования используют термостабильный бензо-маслостойкий бутадиен-нитрильный каучук (БНКС) [11-16]. В качестве водонабухающего ингредиента предлагаются полиакрилаты, крахмал, поливиниловый спирт, карбоксилированная целлюлоза [17-19].

Преимуществом экологически безопасной, получаемой из возобновляемого сырья натрий-карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ), как было указано авторами работы [20], является хорошая совместимость с БНКС. К недостаткам относят снижение прочностных свойств резин.

Гипотезой данного исследования стала посылка о возможности использования в качестве водонабухающего наполнителя, позволяющего повысить прочностные характеристики резин в сравнении с Na-КМЦ, порошковых целлюлозосодержащих продуктов.

Порошковые целлюлозы являются хорошим фильтрующим материалом для щелочных и кислых сред [21, 22], используются как сорбенты, фильтрационные материалы, а также в качестве наполнителей полимерных пленок. В работе [23] представлен способ получения порошков целлюлозы из недревесного сырья путем механохимической обработки отходов хлопка.

Цель работы состояла в повышении прочностных характеристик резин на основе каучука БНКС, набухающих в водных средах, путем замены Na-КМЦ на целлюлозосодержащий порошковый наполнитель из отходов хлопка (ПХ).

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Приготовление водонабухающей резиновой композиции проводили в два этапа. Предварительно готовили базовую резиновую смесь (БРС) без набухающего наполнителя. Ингредиенты БРС (табл. 1) смешивали на вальцах ПД-320 160/160 в

течение 10 мин (БРС (мас.ч.): БНКС-28 АМН – 100,0; сера – 1,5; ZnO – 5,0; C₁₇H₃₅C(O)OH – 2,0; 2-меркаптобензотиазол – 0,8; технический углерод (ТУ) П 324 – 45,0; пластификатор – 30). В ряде образцов использовали пластификаторы ПН-6 или Т-92.

Таблица 1

Ингредиенты, применяемые для базовой резиновой смеси

Table 1. Ingredients used for the base rubber compound

Ингредиент БРС	ГОСТ (ТУ)
Каучук БНКС-28 АМН	ТУ 38.30313-2006
Сера	ГОСТ 127.4-93
Оксид цинка	ГОСТ 202-84
Стеариновая кислота	ГОСТ 6484-96
2-Меркаптобензотиазол	ГОСТ 739-74
ТУ П 324	ГОСТ 7885-86
Пластификатор	
ПН-6	ТУ 38.1011217-89
Т-92	ТУ 20.59.59-029-05766801-2016

БРС выдерживали в течение 1 сут при комнатной температуре и далее смешивали в смесительной камере «MeasuringMixer 350E» пластикордера Plasti-Corder®Lab-Station (фирма «Brabender») с водонабухающим наполнителем (ВНН) при температуре 60 °С и скорости вращения роторов 60 об/мин. Соотношение резиновая смесь/набухающий полимер составило 50:50% по массе.

В качестве ВНН использовали промышленный образец Na-КМЦ Полицелл КМЦ 9В (ТУ 2231-017-32957739-09). Степень полимеризации, не менее 700, содержание воды менее 10%, степень замещения 0,8-0,9) и порошок хлопка (ПХ), полученный по методике [24] (α -целлюлоза – 95%, степень полимеризации – 1120, зольность – 0,5%). Перед испытанием проведено фракционирование образцов ВНН ситовым методом. Использована фракция с размером частиц 0,5-1,0 мм.

Вулканизационные свойства резиновых смесей определяли на виброреометре «Монсанто-100S» при температуре 170 °С.

Вулканизацию резиновых смесей проводили в гидравлическом прессе с электрообогревом плит при температуре 170 °С, время вулканизации 10 мин.

Испытания упруго-прочностных свойств вулканизатов проводили в соответствии ГОСТ 270-75 с использованием разрывной машины РМИ-250 (скорость растяжения образцов 500 мм/мин).

Эластичность по отскоку оценивали на маятнике Шоба согласно ГОСТ 27110-86.

Твердость по Шору А определяли на твердомере ТШ-200 согласно ГОСТ 263-75.

Степень набухания в водных средах определяли по ГОСТ Р ИСО 1817-2009 весовым методом по формуле: $[(m_{\text{набухшего образца}} - m_{\text{исх. обр.}})/(m_{\text{исх. обр.}})] \cdot 100, \%$. Использованы 10-%ные растворы H₂SO₄, NaOH, NaCl и хлоридно-натриевая пластовая вода.

Термограммы образцов ВНН снимали на термогравиметрическом анализаторе STA6000 при скорости нагрева 5 °С/мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку вулканизацию резин на основе БНКС проводят при температуре от 140 до 170 °С, предварительно была оценена термостабильность набухающих наполнителей (рис. 1). Данные ТГА показали, что ПХ химически стабилен до 250 °С. Потеря связанной воды при нагревании до температуры 100 °С составляет 3,5%. При этих же условиях Na-КМЦ теряет связанную воду в количестве 5%. Этап активного разложения ПХ начинается выше 260 °С. При 240 °С начинается ступенчатая потеря массы Na-КМЦ.

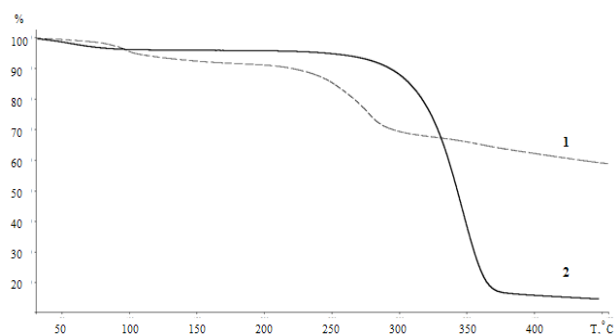


Рис. 1. ТГА-кривые компонентов: 1 – Na-КМЦ; 2 – ПХ
Fig. 1. TGA curves of the components: 1 – Na-carboxymethyl cellulose; 2 – powdered cotton

Анализ реометрических кривых изготовленных водонабухающих резиновых композиций показал (табл. 2), что при введении в БРС ВНН время до начала вулканизации (t_s) и время достижения оптимума вулканизации (t_{90}) композиций остаются на уровне ненаполненного ВНН контрольного образца. При этом увеличивались минимальный (M_{\min}) и максимальный (M_{\max}) крутящие моменты, что указывает на повышение вязкости композиций.

Для снижения вязкости в БРС вводили широко используемые пластификаторы ПН-6 (смесь ароматических углеводородов) и Т-92 (смесь диоксановых эфиров и спиртов), отличающиеся составом и полярностью [25, 26].

Согласно полученным данным, введение пластификатора позволяет снизить M_{max} образца, содержащего ВНН, не оказывая существенного влияния на кинетику вулканизации композиций. Реверсии в течение 60 мин не наблюдалось.

Таблица 2

Реометрические характеристики резиновых композиций (соотношение БРС:ВНН = 1:1, T_{vulk} =170 °С, 60 мин)

Table 2. Rheometric characteristics of rubber composites (ratio of base rubber compound: water-swellaible filler = 1:1, $T_{vulcanization}$ = 170 °C, 60 min)

Показатель	Без пластификатора			Пластификатор Т-92
	Водонабухающий наполнитель			
	-	Na-КМЦ	ПХ	ПХ
t_s , мин	1,0	0,8	0,8	1,0
$M_{мин}$, дН·м	15	20	28	26
$M_{макс}$, дН·м	44	50	57	53
ΔM , дН·м	29	30	29	27
M_{90} , дН·м	41	46	54	52
t_{90} , мин	9,4	9,8	9,6	9,8

Вулканизацию резиновых смесей, содержащих ВНН, проводили с учетом t_{90} в течение 10 мин при температуре 170 °С.

Экспериментальные данные свидетельствуют (рис. 2), что без пластификатора условная прочность при растяжении резины, содержащей в качестве ВНН только ПХ, снижается на 40% (составляет 8,9 МПа) по сравнению с контрольным образцом без ВНН (14,8 МПа). Однако данное значение выше значений условной прочности резины, содержащей Na-КМЦ (2,7 МПа), или резины, содержащей смеси ВНН Na-КМЦ+ПХ (4:6–6,8 МПа и 6:4–6,1 МПа). Таким образом, замена Na-КМЦ на ПХ позволила повысить условную прочность при растяжении резины в 3 раза.

Введение ПН-6 и Т-92 снизило условную прочность при растяжении резин по сравнению с образцами без пластификаторов. При использовании Т-92 условная прочность при растяжении снизилась в меньшей степени, чем при введении ПН-6 (рис. 2). Это может быть обусловлено тем, что пластификатор Т-92, содержащий полярные атомы кислорода, лучше совместим с полярными каучуком и набухающим целлюлозным наполнителем [27, 28].

Введение значительного количества ВНН приводит к возрастанию твердости по Шору А резин по сравнению с контрольным образцом без ВНН (в пределах 40%) (табл. 3). Введение пластификаторов позволило снизить твердость по Шору А по сравнению с образцами без пластификатора.

Введение ВНН приводит к незначительному снижению эластичности по отскоку резин по сравнению с контрольными образцами (табл. 3), однако использование пластификаторов ПН-6 и Т-92 также снижает данный параметр в пределах 40% и 28%, соответственно.

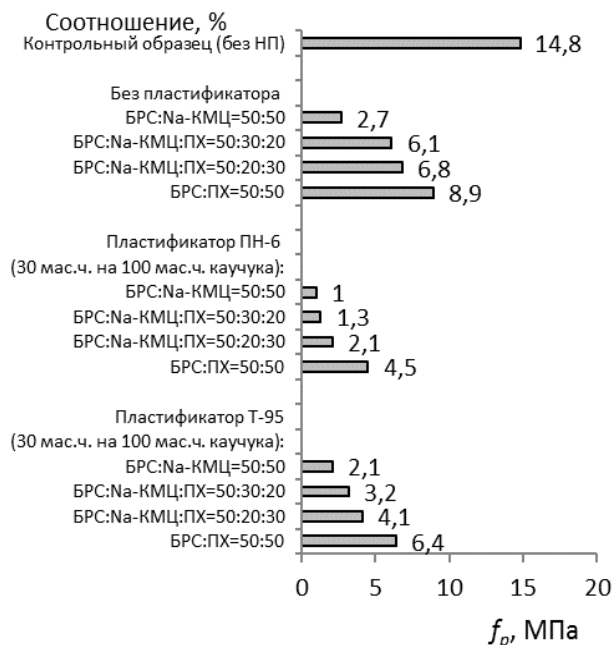


Рис. 2. Влияние водонабухающего наполнителя и пластификаторов (ПН-6 и Т-95) на условную прочность при растяжении вулканизатов

Fig. 2. Effect of water-swellaible filler and plasticizers (PN-6 and T-95) on the tensile strength of vulcanizates

Таблица 3

Влияние водонабухающего наполнителя и пластификаторов на эластичность по отскоку и твердость по Шору А резин

Table 3. Effect of water-swellaible filler and plasticizers on rebound elasticity and Shore A hardness of rubbers

Состав резины, %			Эластичность резин по отскоку, %	Твердость по Шору А, усл. ед.
БРС	Na-КМЦ	ПХ		
100	0	0	28	67
Без пластификатора				
50	50	0	25	93
50	20	30	25	99
Пластификатор ПН-6, 30 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука				
50	50	0	17	79
50	30	20	18	81
50	20	30	19	82
50	0	50	20	87
Пластификатор Т-95, 30 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука				
50	50	0	23	87
50	30	20	20	88
50	20	30	21	90
50	0	50	25	94

Набухание целлюлозы в водных средах связывают с возможностью образования водородных связей. Поскольку в целлюлозе молекулы удерживаются между собой тремя типами связи: силами Ван-дер-Ваальса, полярными водородными связями и первично-валентными связями, то скорость и степень набухания будут зависеть от способности молекул дисперсионной среды ослабить эти связи.

Эксперимент показал, что полная или частичная замена Na-КМЦ на ПХ приводит снижению степени набухания резин. Вероятно, причиной является различная устойчивость морфологической структуры хлопковой целлюлозы по сравнению Na-КМЦ.

Таблица 4

Влияние состава набухающего наполнителя и типа пластификатора на степень набухания вулканизатов в водных средах

Table 4. Effect of the swellable filler composition and the type of plasticizer on the swelling degree of the vulcanizates in aqueous media

Водная среда			H ₂ SO ₄	KOH	NaCl	Пластовая вода
pH водной среды			0,03	12,0	6,8	6,3
Состав резины, %			Максимальная степень набухания, %			
БРС	Na-КМЦ	ПХ				
100	-	-	1,1	6,7	0,8	0,8
Без пластификатора						
50	50	0	30	38	44	49
50	0	50	19	37	15	13
Пластификатор ПН-6 (30 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука)						
50	50	0	62	108	76	54
50	30	20	41	74	46	30
50	20	30	34	59	35	25
50	0	50	24	39	17	10
Пластификатор Т-92 (30мас.ч. на 100 мас.ч. каучука)						
50	50	0	39	66	52	46
50	30	20	18	53	44	28
550	20	30	16	46	33	20
50	0	50	14	33	12	11

Резины, содержащие пластификатор, имеют большую сорбционную емкость. Обращает на себя внимание факт более низкой степени набухания резин с пластификатором Т-92 в сравнении с резинами с ПН-6. Объяснением этому может быть отмеченная в работе [29] способность Т-92 гидрофо-

бизировать поверхность пор наполнителей, проявляющаяся в повышении проницаемости углеводородной жидкости и уменьшении проницаемости воды.

Известно, что степень набухания образцов резин существенно зависит от pH среды. Максимальная степень набухания для данных резин достигается в растворе гидроксида калия. Влияние на степень набухания резин pH водной среды позволяет отнести резины данного состава к так называемым «smart» материалам [30].

ВЫВОДЫ

Исследовано влияние порошкового хлопкового наполнителя на свойства резин на основе каучука БНКС-28 АМН.

Выявлено, что снижение условной прочности при растяжении резин, наполненных порошковой целлюлозой, происходит в меньшей степени, чем при ее наполнении Na-КМЦ по сравнению с образцом, не содержащим набухающего наполнителя.

Введение пластификаторов ПН-6 и Т-92 в резиновые композиции, как содержащие смесевые набухающие полимеры из Na-КМЦ и порошковой целлюлозы, так их индивидуально, снижает условную прочность при растяжении резин по сравнению с образцами без пластификатора. При этом при введении Т-92 условная прочность при растяжении снижается в меньшей степени, чем при введении пластификатора ПН-6.

Выявлено, что при замене водонабухающего наполнителя Na-КМЦ на порошковую хлопковую целлюлозу степень набухания резин снижается, как в щелочных, так и в кислых средах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Образец порошка хлопка предоставлен аспирантом кафедры ТППКМ ФГБОУ ВО «КНИТУ» Момзяковой К.А.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы ФГБОУ ВО «КНИТУ».

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

A sample of cotton powder was provided by a graduate student Momzyakova K.A.

The work was performed using the equipment of the Center for Collective Use "Nanotechnologies and Nanomaterials" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "KNRTU".

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

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ахмедзянова Д.М., Никитин Н.Р.** Изучение сорбционных свойств водонабухающей термопластичной резиновой смеси. *Вестн. технол. ун-та*. 2015. Т. 18. № 12. С. 40-43.
2. **Исаев А.А., Тахаудинов Р.Ш., Мальных В.И., Шарифуллин А.А., Архипов К.И.** Разобшение пластов и изоляция межпластовых перетоков с применением водонабухающих пакеров. *Ресурсы Европ. Севера. Технол. и эконом. освоения*. 2017. № 1. С. 51-61.
3. **Прохорова С.Н., Потапов Е.Э., Иорданский Ф.П., Иванов В.В., Пятов И.С.** Исследование процессов водонабуханияпакерных резин. *Каучук и резина*. 2018. Т. 77. № 1. С. 30-33.
4. **Ваниев М.А., Сычев Н.В., Лопатина С.С., Солдатова Н.В., Шиянов В.Ю., Брюзгин Е.В.** Разработка водонабухающих эластомеров для пакерного оборудования. *Изв. ВолгГТУ. Сер. Химия и технол. полимер. матер.* 2016. № 12 (191). С. 74-80.
5. **Иванова А.В., Ушмарин Н.Ф., Егоров Е.Н., Сандалов С.И., Кольцов Н.И.** Исследование влияния метилцеллюлозы и полиакрилата натрия на гидросорбционные свойства резины на основе хлоропренового каучука. *Каучук и резина*. 2017. Т. 76. № 4. С. 236-239.
6. **Каблов В.Ф., Кейбал Н.А., Крекалева Т.В., Шапоров Е.В., Ситников Е.Е.** Разработка нефтенабухающих эластомеров для уплотнительных элементов пакерного оборудования. *Изв. ВолгГТУ. Сер. Химия и технол. полимер. матер.* 2019. № 5 (228). С. 63-66.
7. **Новаков И.А., Ваниев М.А., Лопатина С.С., Нилидин Д.А., Сычев Н.В., Савченко Я.Ю.** Состояние и тенденции развития производства и применения водо- и нефтенабухающих эластомеров для пакерного оборудования. *Каучук и резина*. 2019. Т. 78. № 4. С. 228-237.
8. **Лопатина С.С., Ваниев М.А., Сычев Н.В., Демидов Д.В., Савченко Я.Ю., Брук А.Д.** Набухающие эластомеры для пакерных уплотнителей и кольматантов. *Промышл. пр-во и использ. эластомеров*. 2019. № 3. С. 16-20. DOI: 10.24411/2071-8268-2019-10304.
9. **Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Спиридонов И.С., Кольцов Н.И.** Влияние функциональных ингредиентов на физико-механические и эксплуатационные свойства резин для водонефтенабухающих уплотнительных элементов. *Бутлеров. сообщ.* 2019. Т. 57. № 2. С. 68-73.
10. **Ушмарин Н.Ф., Пелипенко Д.В., Сандалов С.И., Егоров Е.Н., Кольцов Н.И.** Разработка и исследование свойств нефтенабухающей резины. Сборник докладов XXII научно-практич. конф. «Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технологии». М. 2017. С. 119-120.
11. **Черезова Е.Н., Карасева Ю.С., Аль-Базили Навар Махди Халед, Момзякова К.А.** Влияние добавок целлюлозы травянистых растений на комплекс свойств резин серной вулканизации на основе бутадиен-нитрильного каучука. *Вестн. технол. ун-та*. 2020. Т. 23. № 10. С. 30-33.
12. **Лопатина С.С., Ваниев М.А., Сычев Н.В., Демидов Д.В., Черемисин А.А., Бахтуров А.А.** Водонефтенабухающие резины на основе этилен-пропиленового каучука. *Изв. ВолгГТУ. Сер. Химия и технол. полимер. матер.* 2020. № 12 (247). С. 97-101. DOI: 10.35211/1990-5297-2020-12-247-97-101.

REFERENCES

1. **Akhmedzyanova D.M., Nikitin N.R.** Study of the sorption properties of a water-swellaable thermoplastic rubber compound. *Vest. Tekhnol. Univ.* 2015. V. 18. N 12. P. 40-43 (in Russian).
2. **Isaev A.A., Takhautdinov R.Sh., Malykhin V.I., Sharifullin A.A., Arkhipov K.I.** Isolation layers and isolation of cross-flows by applying water-swellaable packers. *Resursy Evrop. Severa. Tekhnol. Econom. Osvoeniya*. 2017. N 1. P. 51-61 (in Russian).
3. **Prokhorova S.N., Potapov E.E., Iordanskii A.L., Ivanov V.V., Pyatov I.S.** Investigation of swelling processes of packer rubbers in water. *Kauchuk Rezina*. 2018. V. 77. N 1. P. 30-33 (in Russian).
4. **Vaniev M.A., Sychev N.V., Lopatina S.S., Soldatova N.V., Shijanov V.Yu., Bryuzgin E.V.** Development of water-swellaable elastomers for packer equipment. *Izv. VGTU. Ser. Khim. Tekhnol. Polimer. Mater.* 2016. N 12 (191). P. 74-80 (in Russian).
5. **Ivanova A.V., Ushmarin N.F., Egorov E.N., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I.** Investigation of the influence of methyl cellulose and sodium polyacrylate on hydrosorption properties of polychloroprene based technical rubbers. *Kauchuk Rezina*. 2017. V. 76. N 4. P. 236-239 (in Russian).
6. **Kablov V.F., Keibal N.A., Krekaleva T.V., Shapоров E.V., Sitnikov E.E.** Development of the petrobulking-up elastomers for sealing elements of the packer equipment. *Izv. VGTU. Ser. Khim. Tekhnol. Polimer. Mater.* 2019. N 5 (228). P. 63-66 (in Russian).
7. **Novakov I.A., Vaniev M.A., Lopatina S.S., Nilidin D.A., Sychev N.V., Savchenko Ya.Yu.** Condition and development tendency in the production and application of waterand oil-swelling elastomers for packer equipment. *Kauchuk Rezina*. 2019. V. 78. N 4. P. 228-237 (in Russian).
8. **Lopatina S.S., Vaniev M.A., Sychev N.V., Demidov D.V., Savchenko Ya.Yu., Bruk A.D.** Swelling elastomers for packers seals and colmatants. *Promyshl. Pr-vo Ispolz. ElastomeroV.* 2019. N 3. P. 16-20 (in Russian). DOI: 10.24411 / 2071-8268-2019-10304.
9. **Egorov E.N., Ushmarin N.F., Sandalov S.I., Spiridonov I.S., Koltsov N.I.** The influence of functional ingredients on the physico-mechanical and operational properties of rubbers for water-oil-swelling sealing elements. *Butlerov. Soobshch.* 2019. V. 57. N. 2. P. 68-73 (in Russian).
10. **Ushmarin N.F., Pelipenko D.V., Sandalov S.I., Egorov E.N., Koltsov N.I.** Development and research of oil-swellaable rubber properties. Collection of reports of XXII International Scientific-Practical Conference Rubber Industry Raw Stocks, Materials, Technologies. Moscow. 2017. P. 119-120 (in Russian).
11. **Cherezova E.N., Karaseva Yu.S., Al-Basili Navar M.H., Momzyakov K.A.** Influence of herbaceous plant's cellulose additives on the complex of properties of sulfur-vulcanized rubbers based on butadiene-nitrile rubber. *Vest. Tekhnol. Univ.* 2020. V. 23. N 10. P. 30-33 (in Russian).
12. **Lopatina S.S., Vaniev M.A., Sychev N.V., Demidov D.V., Cheremisin A.A., Bakhturov A.A.** Water-swelling elastomers based on ethylene-propylene rubber. *Izv. VGTU. Ser. Khim. Tekhnol. Polimer. Mater.* 2020. N 12(247). P. 97-101 (in Russian). DOI: 10.35211/1990-5297-2020-12-247-97-101.

13. **Исаев А.А., Малыхин В.И., Шарифуллин А.А.** Разоб- щение пластов и изоляция межпластовых перегородок при помощи водонабухающих пакеров. *Материалы II Междуна- р. научно-практич. конф. «Булатовские чтения»*. Т. 3. Краснодар. 2018. С. 127-132.
14. **Лопатина С.С., Ваниев М.А., Сычев Н.В., Демидов Д.В., Нилидин Д.А., Брюзгин Е.В.** Разработка водоне- фтенабухающих резин, предназначенных для заколон- ных пакеров. *Изв. ВолгГТУ. Сер. Химия и технол. поли- мер. матер.* 2017. № 11 (206). С. 91-96.
15. **Лопатина С.С., Ваниев М.А., Сычев Н.В., Нилидин Д.А., Савченко Я.Ю., Брук А.Д.** Эффективность при- менения гидролизованного полиакриламида и сополи- мера акриламида с акрилатом калия в качестве водона- бухающих реагентов резин. *Материалы XV междуна- р. науч.-практ. конф. «Новые полимерные композицион- ные материалы. Микитаевские чтения»*. Нальчик. 2019. С. 259–262.
16. **Черезова Е.Н., Карасева Ю.С., Абдельрехим Абдалла Х.С.М., Момзякова К.А.** Использование порошковой целлюлозы из соломы овса в составе ограниченно набу- хающих резин для уплотнительных элементов. *Каучук и резина*. 2020. № 2. С. 72-77.
17. Обзор патентной информации. *Промышл. пр-во и ис- польз. эластомеров*. 2019. № 1. С. 32-36
18. **Ivanova A.V., Egorov E.N., Kol'tsov N.I., Ushmarin N.F., Sandalov S.I.** An investigation of the effect of methyl cellulose and sodium polyacrylate on the hydrosorption properties of a vulcanisate based on chloroprene rubber. *Int. Polymer Sci. Technol.* 2018. V. 45. N 7. P. 311-314. DOI: 10.1177/0307174X18450705.
19. **Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И.** Техноло- гические добавки для маслобензостойких резин на ос- нове бутадиен-нитрильных каучуков. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2021. Т. 64. Вып. 6. С. 41-46. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6169.
20. **Ефимов К.В., Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И.** Влияние полисахаридов на свойства водонабухаю- щей резины. Сб. тр. Всеросс. науч. конф. (с междуна- р. уч.) преп. и студ. вузов «Актуальные проблемы науки о полимерах». Казань. 2020. С. 108.
21. Структура и физико-химические свойства целлюлоз и нанокомпозитов на их основе. Под ред. Л.А. Алешиной, В.А. Гуртова, Н.В. Мелех. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 2014. 240 с.
22. **Нигматуллина А.И., Закирова Л.Ю., Лысянский А.В.** Результаты изучения гранулометрического состава дре- весных наполнителей современными методами. *Вестн. Технол. ун-та*. 2019. Т. 22. № 1. С. 62-66.
23. **Момзякова К.С., Дебердеев Т.Р., Валишина З.Т., Де- бердеев Р.Я., Ибрагимов А.В.** Экструзионная техноло- гия получения порошков целлюлозы различного проис- хождения. Сб. ст. междуна- р. науч.-практ. семинара «Фи- зика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)». 2019. № 1-2. С. 79-81.
24. **Момзякова К.С., Дебердеев Т.Р., Вершинин М.С., Лексин В.В., Момзяков А.А., Дебердеев Р.Я.** Получе- ние наноцеллюлозы из недревесного растительного сы- рья. *Химия растит. сырья*. 2019. № 3. С. 15-21. DOI: 10.14258/jcprm.2019035105.
13. **Isaev A.A., Malykhin V.I., Sharifullin A.A.** Segregation of layers and isolation of crossflows between layers by means of water-swella- ble packers. *Materials of the II International scientific and practical conference «Readings name of A.I. Bulatov»*. V. 3. Krasnodar. 2018. P. 127-132 (in Russian).
14. **Lopatina S.S., Vaniev M.A., Sychyov N.V., Demidov D.V., Nilidin D.A., Bryuzgin E.V.** Development of water-oil-swella- ble rubbers aimed for casing packer. *Izv. VGTU. Ser. Khim. Tekhnol. Polimer. Mater.* 2017. N 11 (206). P. 91-96 (in Russian).
15. **Lopatina S.S., Vaniev M.A., Sychev N.V., Nilidin D.A., Savchenko Ya.Yu., Bruk A.D.** Efficiency of application of hydrolyzed polyacrylamide and copolymer acrylamide with potassium acrylate as a water-swelling agent in rub- bers. *Key Eng. Mater.* 2019. V. 816. KEM. P. 208-213. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.816.208
16. **Cherezova E.N., Karaseva Yu.S., Abdelrekhim Abdalla Kh.S.M., Momzyakova K.A.** The use of powdered cellulose from oat straw in the composition of limited swelling rubbers for sealing elements. *Kauchuk Rezina*. 2020. N 2. P. 72-77 (in Russian).
17. Patent information. *Promyshl. pr-vo i ispolz. elastomerov*. 2019. N 1. P. 32-36 (in Russian).
18. **Ivanova A.V., Egorov E.N., Kol'tsov N.I., Ushmarin N.F., Sandalov S.I.** An investigation of the effect of methyl cellulose and sodium polyacrylate on the hydrosorption properties of a vulcanisate based on chloroprene rubber. *Int. Polymer Sci. Technol.* 2018. V. 45. N 7. P. 311-314. DOI: 10.1177/0307174X18450705.
19. **Egorov E.N., Ushmarin N.F., Kol'tsov N.I.** Technological additives for oil and petrol resistance rubbers based on butadi- ene-nitrile caoutchoucs. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 6. P. 41-46 (in Russian). DOI: 10.6060 / ivkkt.20216406.6169
20. **Efimov K.V., Egorov E.N., Ushmarin N.F., Kol'tsov N.I.** Influence of polysaccharides on the properties of water- swella- ble rubber. *Collection of reports of All-Russian Scien- tific Conference (with International Participation) of Teach- ers and Students of Universities «Actual Problems of the Sci- ence about Polymers»*. Kazan. 2020. P. 108 (in Russian).
21. Structure and Physicochemical Properties of Celluloses and Nanocomposites Based on Them. Ed. by L.A. Aleshina, V.A. Gurtov, N.V. Melekh. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU. 2014. 240 p. (in Russian).
22. **Nigmatullina A.I., Zakirova L.Yu., Lysyansky A.V.** Study of wood fillers granulometric composition by modern methods. *Vest. Tekhnol. Univ.* 2019. V. 22. N 1. P. 62-66 (in Russian).
23. **Momzyakova K.S., Deberdeev T.R., Valishina Z.T., Deberdeev R.Ya., Ibragimov A.V.** Extrusion technology for producing powders of cellulose of various origin. *Collection of Articles of the International Scientific and Practical Seminar «Physics of Fibrous Materials: Structure, Properties, High Tech- nology and Materials (SMARTEX)»*. 2019. N 1-2. P. 79-81 (in Russian).
24. **Momzyakova K.S., Deberdeev T.R., Vershinin M.S., Leksin V.V., Momzyakov A.A., Deberdeev R.Ya.** Prepa- ration of nanocellulose from non-woody plant materials. *Khim. Rast. Syr'ya*. 2019. N 3. P. 15-21 (in Russian). DOI: 10.14258/jcprm.2019035105.

25. **Алексеев А.А., Петухова Т.В., Осипчик В.С., Кириченко Э.А.** Пластификация бутадиенстирольного блок-сополимера радиальногостроения индустриальными маслами. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2009. Т. 52. Вып. 6. С. 99-102.
26. **Шилов И.Б., Фомин С.В., Мансурова И.А., Бурков А.А.** Исследование смесевых пластификаторов. *Adv. Sci.* 2017. № 1 (5). С. 11.
27. **Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Мансурова И.А.** Оценка влияния полярности пластификатора на динамические свойства полимерных материалов на основе этиленвинилацетата. *Вестн. БГТУ им. В.Г. Шухова.* 2018. № 9. С. 15-123. DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876.
28. **Wyppich G.** Handbook of plasticizers. Toronto: ChemTec Publishing. 2004. 693 p.
29. **Петров Н.А., Конесев Г.В., Кореньяко А.В., Давыдова И.Н.** Исследование оксалей в качестве комплексных реагентов для бурения и освоения скважин. *Нефтегаз. дело: электрон. науч. журн.* 2006. 22 с. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Petrov_NA/Petrov_NA_4.pdf - (0420600005/0073) - №4/94 от 27.02.2007.
30. **Блынская Е.В., Алексеев К.В., Юдина Д.В., Алексеев В.К., Тишков С.В., Бueva В.В., Минаев С.В., Аджиенко В.В., Иванов А.А.** Перспективы применения смарт-полимеров в разработке систем доставки активных фармацевтических субстанций (обзор). *Росс. Биотерапевт. журн.* 2019. Т. 18. № 2. С. 16-20. DOI: 10.17650/1726-9784-2019-18-2-15-20.
25. **Alekseev A.A., Petukhova T.V., Osipchik V.S., Kirichenko E.A.** Plasticization of butadiene-styrene block copolymer of radial structure by industrial oil. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2009. V. 52. N 6. P. 99-102 (in Russian).
26. **Shilov I.B., Fomin S.V., Mansurova I.A., Burkov A.A.** Research of mixed plasticizers. *Adv. Sci.* 2017. N 1 (5). P. 11 (in Russian).
27. **Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Mansurova I.A.** Influence estimation of plasticizer polarity on dynamic properties of polymeric materials on the basis of ethylene-vinyl acetate. *Vestn. BGTU im. V.G. Shukhov.* 2018. V. 3. N 9. P. 15-23 (in Russian). DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876.
28. **Wyppich G.** Handbook of plasticizers. Toronto: ChemTec Publ. 2004. 693 p.
29. **Petrov N.A., Konesev G.V., Korenyako A.V., Davydova I.N.** Study of oxals as complex reagents for drilling and well development. *Neftegaz. Delo. Elektron. Nauch. Zhurn.* 2006. 22 p. (in Russian). URL: http://www.ogbus.ru/authors/Petrov_NA/Petrov_NA_4.pdf - (0420600005/0073) - No. 4/94 dated 27.02.2007.
30. **Blynskaya E.V., Alekseyev K.V., Yudina D.V., Alexseev V.K., Tishkov S.V., Bueva V.V., Minaev S.V., Adzhienko V.V., Ivanov A.A.** Smart polymers in drug delivery: a perspective in pharmaceutical technology. *Russ. Biotherap. Zhurn.* V. 18. N 2. P. 16-20 (in Russian). DOI: 10.17650/1726-9784-2019-18-2-15-20.

Поступила в редакцию 25.10.2021
Принята к опубликованию 07.02.2022

Received 25.10.2021
Accepted 07.02.2022