

Влияние экологичных масел Фитонорман на адгезионные свойства морозостойких резин на основе бутадиен-нитрильного каучука

Инна И. Боброва¹


bobrovaini@ya.ru

Светлана В. Котова¹

s.v.kotova@mail.ru

 0000-0002-7076-4669Юлия А. Наумова¹

naumova_yulia@mail.ru

 0000-0001-9968-8244¹ Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, Москва, 119454, Россия)

Аннотация. Использование пластификаторов на основе сложных эфиров различных кислот наиболее эффективно улучшает переработку резиновых смесей и морозостойкость резин на основе БНК. В данной работе в качестве пластификатора были опробованы продукты на основе растительного сырья – масла Фитонорман производства «Биохимического холдинга «ОРГХИМ», представляющие собой ди- и триглицериды содержащие жирные кислоты таллового масла. Модельные резиновые смеси на основе БНКС-18АМН содержали 10, 20, 30 масс. ч. эко-масла марок Фитонорман 212 и Фитонорман 213, в качестве образца сравнения выбрана смесь без масла и с 10 масс. ч. дибутилфталата (ДБФ). Для оценки влияния типа и дозировки эко-масел на свойства резин и резиновых смесей использованы методы исследования технологических, физико-механических и адгезионных свойств. Определение морозостойкости было проведено сравнением методов по определению температуры стеклования: дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термомеханического анализа (ТМА). При использовании масел растительного происхождения Фитонорма-212 и Фитонорман-213 технологические свойства резиновых смесей значительно улучшаются по сравнению со смесью без масла и находятся на одном уровне с традиционно применяемым в нитрильных резинах ДБФ. Установлено, что введение эко-масла Фитонорман 213 в рецептуры резиновых смесей на основе БНКС 18АМН до 10 масс. ч. позволяет улучшить технологические параметры, а также понизить температуру стеклования резин. При этом физико-механические параметры и адгезионные свойства вулканизатов снижаются в среднем на 10%. Так же стоит отметить, что резины с маслом Фитонорман 213 по основным характеристикам не уступают нитрильным резинам с ДБФ, а по адгезионным свойствам превосходят на 27%.

Ключевые слова: бутадиен-нитрильный каучук (БНК), пластификатор, адгезия, морозостойкость, дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), термомеханический анализ.

Influence of environmentally friendly Phytonorman oils on the adhesive properties of frost-resistant rubbers based on nitrile butadiene rubber

Inna I. Bobrova¹


bobrovaini@ya.ru

Svetlana V. Kotova¹

s.v.kotova@mail.ru

 0000-0002-7076-4669Yulia A. Naumova¹

naumova_yulia@mail.ru

 0000-0001-9968-8244¹ M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA - Russian Technological University (86, Vernadskogo Pr., Moscow 119571, Russia)

Abstract. The use of plasticizers based on esters of various acids most effectively improves the processing of rubber compounds and the frost resistance of NBR-based rubbers. In this work, as a plasticizer, products based on vegetable raw materials were tested - Phytonorman oils produced by the Biochemical Holding ORGKHIM, which are di- and triglycerides containing fatty acids of tall oil. Model rubber compounds based on BNKS-18AMN contained 10, 20, 30 wt. including eco-oils of the Phytonorman 212 and Phytonorman 213 brands, a mixture without oil and with 10 wt. including dibutyl phthalate (DBPh). To assess the effect of the type and dosage of eco-oils on the properties of rubbers and rubber compounds, methods for studying technological, physical-mechanical and adhesive properties were used. Determination of frost resistance, a comparison was made of methods for determining the glass transition temperature: differential scanning calorimetry (DSC) and thermomechanical analysis (TMA). When using vegetable oils Phytonorman -212 and Phytonorman -213, the technological properties of rubber compounds are significantly improved compared to the mixture without oil and are on the same level with DBPH traditionally used in nitrile rubbers. It has been established that the introduction of Phytonorman 213 eco-oil into the formulations of rubber compounds based on BNKS 18AMN up to 10 wt. hours allows you to improve the technological parameters, as well as lower the glass transition temperature of rubber. At the same time, the physical and mechanical parameters and adhesive properties of vulcanizates are reduced by an average of 10%. It is also worth noting that rubbers with Phytonorman 213 oil are not inferior to nitrile rubbers with DBPh in terms of basic characteristics, and they are superior in adhesive properties by 27%.

Keywords: nitrile butadiene rubber (NBR) plasticizer, adhesion, frost resistance, differential scanning calorimetry (DSC), thermomechanical analysis.

Для цитирования

Боброва И.И., Котова С.В., Наумова Ю.А. Влияние экологичных масел Фитонорман на адгезионные свойства морозостойких резин на основе бутадиен-нитрильного каучука // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 2. С. 189–197. doi:10.20914/2310-1202-2023-2-189-197

For citation

Bobrova I.I., Kotova S.V., Naumova Yu.A. Influence of environmentally friendly Phytonorman oils on the adhesive properties of frost-resistant rubbers based on nitrile butadiene rubber. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 2. pp. 189–197. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-2-189-197

Введение

Среди широкого спектра работ, посвященных роли рецептурных факторов при формировании требуемых свойств резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков (БНК), особое внимание уделяется выбору типа пластификаторов. Наиболее эффективно улучшает переработку резиновых смесей и морозостойкость резин на основе БНК использование пластификаторов на основе сложных эфиров различных кислот [1, 2]. Для снижения энергоемкости процессов смешения, каландрования, шприцевания резиновых смесей и температуры стеклования вулканизаторов рекомендуется вводить от 10 до 25 мас. ч. пластификаторов на 100 мас. ч. полимерной основы [3].

Востребованность РТИ – комплектующих для многих отраслей машиностроения, эксплуатируемых при низких и экстремально низких температурах, в том числе в условиях Крайнего Севера, сохраняет острую необходимость совершенствования существующих эластомерных материалов на основе серийных каучуков марки БНКС-18. Резины на основе БНКС со средним и высоким содержанием НАК характеризуются низкой морозостойкостью [4].

Кроме того, с начала 2000-х особое внимание уделяется экологическим аспектам

используемых в резинотехнических изделиях ингредиентов. Применение новых видов экологически безопасного сырья также коснулось рецептур о строения эластомерных материалов на основе БНК [5]. В качестве пластификатора были опробованы продукты на основе растительного сырья – масла Фитонорман производства «Биохимического холдинга «ОРГХИМ», представляющие собой ди- и триглицериды содержащие жирные кислоты таллового масла. Опубликован ряд работ, в которых показана эффективность их использования: в работе [6] рассмотрено влияние масла Фитонорман-212 в рецептурах шинных резин; в работах [7, 8] показано влияние Фитонорман-212 и Фитонорман-213 на технологические, вулканизационные, прочностные характеристики и морозостойкость эластомерных материалов на основе БНКС-28АМН.

Цель работы – рассмотрение влияния типа и дозировки эко-масел Фитонорман на комплекс свойств резиновых смесей и резин на основе морозостойкой марки БНКС-18АМН (ТУ 38.30313–2006), включая адгезионные характеристики.

Материалы и методы

Рецепты исследуемых резиновых смесей представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Рецепты резиновых смесей на основе БНКС-18АМН с применением эко-масла Фитонорман

Table 1.

Recipes for rubber compounds based on BNKS 18AMN using Phytonorman eco-oil

Ингредиент Ingredient	Шифр смеси / Mixture				
	Состав (мас. ч. ингредиента на 100 мас. ч. каучука) Composition (wt. h. of ingredient per 100 wt. h. of rubber)				
БНКС-18 АМН / BNKS-18 AMN	100	100	100	100	100
Сульфенамид Ц / CBS	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5
Оксид цинка / Zinc oxide	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Технический углерод П-803 / Carbon black P 803	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Фитонорман / Phytonorman	–	10,0	–	20,0	30,0
ДБФ / DBPh	–	–	10,0	–	–
Стеариновая кислота / Stearic acid	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Сера / Sulfur	1,4	2,0	2,0	2,5	2,5

Были опробованы две марки масла:

Фитонорман-212 представляющее собой масло средней вязкости, аналог TDAE (очищенный дистиллированный ароматический экстракт);

Фитонорман-213, представляющее собой низковязкое масло, аналог MES-Mild (солюват слабой экстракции на основе парафино-нафтового сырья).

Для оценки влияния типа и дозировки эко-масел на свойства резин и резиновых смесей были использованы методы исследования технологических, физико-механических и адгезионных свойств. Для оценки морозостойкости было

проведено сравнение методов по определению температуры стеклования: дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термомеханического анализа (ТМА).

Обсуждение результатов

Для комплексной оценки влияния эко-масел Фитонорман на характеристики резиновых смесей и резин на основе БНКС-18АМН были изготовлены смеси с содержанием масел 10, 20 и 30 масс. ч., для сравнения была выбрана смесь без масла и с 10 масс. ч. дибутилфталата (ДБФ). Результаты испытаний образцов приведены в таблицах 1–3.

При использовании масел растительного происхождения Фитонорма-212 и Фитонорман-213 технологические свойства резиновых смесей значительно улучшаются по сравнению со смесью без масла и находятся на одном уровне с традиционно применяемым в нитрильных резинах ДБФ. Увеличение дозировки масла закономерно повышает пластичность и снижает усадку резиновых смесей [9]. По технологическим характеристикам по показателю «пластичность» образцы резиновых смесей без масла можно отнести к смесям средней жесткости (0,3–0,5 усл. ед.), а при введении в смеси эко-масел, особенно масла Фитонорманом-213 –

к мягким смесям (более 0,5 усл. ед.). Результаты сравнения технологических характеристик образцов приведены в таблице 2.

Вулканизацию резин проводили методом компрессионного формования при температуре 150 °С при оптимуме вулканизации [10]. Как было показано в работах [11, 12], при повышенных дозировках эко-масел время вулканизации увеличивается, в связи с чем потребовалось проведение корректировки вулканизационной группы в смесях с дозировкой масла 30 масс. ч. (таблица 1). Результаты физико-механических характеристик образцов резин приведены в таблице 3.

Таблица 2.

Влияние содержания типа и дозировки эко-масел Фитонорман на технологические свойства резиновых смесей на основе БНКС-18АМН

Table 2.

Influence of type content and dosage of Phytonorman eco-oils on the technological properties of rubber compounds based on BNKS-18AMN

Показатель Indicator	Без масла Without oil	ДБФ, масс. ч DBPh, mass. h	Фитонорман-212, масс. ч Phytonorman 212, mass. h			Фитонорман-213, масс. ч Phytonorman 213, mass.h		
Содержание пластификатора Plasticizer content	0	10	10	20	30	10	20	30
Усадка, % Shrinkage, %	50	38	40	36	46	42	38	44
Пластичность Р Plasticity Р	0,34	0,49	0,46	0,47	0,54	0,45	0,53	0,54
Мягкость S Softness S	0,41	0,51	0,48	0,49	0,56	0,47	0,56	0,56
Восстанавливаемость R Recoverability R	0,84	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,96
τ _{онт}	30	30	30	30	40	30	30	40

Таблица 3.

Влияние содержания типа и дозировки эко-масел Фитонорман на физико-механические показатели резин на основе БНКС-18АМН

Table 3.

Influence of the type content and dosage of Phytonorman eco-oils on the physical and mechanical properties of rubbers based on BNKS-18AMN

Показатель		ДБФ, масс. ч DBPh, mass. h	Фитонорман-212, масс. ч Phytonorman 212, mass. h			Фитонорман-213, масс. ч Phytonorman 213, mass. h		
	0	10	10	20	30	10	20	30
Условное напряжение при удлинении 200%, МПа Nominal elongation voltage of 200%, MPa	2,8	1,8	2,0	1,3	1,0	2,5	2,3	1,2
Условное напряжение при удлинении 300%, МПа Nominal elongation voltage of 300%, MPa	6,6	4,9	4,4	3,5	2,4	6,1	5,0	2,7
Условная прочность при растяжении, МПа Conditional tensile strength, MPa	10,8	9,3	8,5	7,3	6,6	9,6	7,2	7,2
Относительное удлинение при разрыве, % Elongation at break, %	450	500	450	450	500	500	550	650
Сопротивление раздиру, кН м Tear resistance, kN m	26,4	22,1	22,7	26,8	23,2	23,1	23,3	25,6

По комплексу физико-механических показателей содержание масла 10 масс. ч. можно считать оптимальным. При увеличении дозировки масла до 30 масс. ч наблюдается снижение условной прочности для резин с Фитонорман-212 на 38% и Фитонорман-213 на 33% по сравнению с контрольным образцом.

При сравнении физико-механических свойств резин, содержащих масла в количестве 10 масс. ч., можно видеть, что вулканизаты с Фитонорман-212 имеют прочность при разрыве ниже на 21%, а Фитонорман-213 – на 11% по сравнению с контрольным образцом, при этом

относительное удлинение практически не изменяется. Условное напряжение при удлинении 300% выше у вулканизатов, содержащих Фитонорман-213 на 40% по сравнению с Фитонорман-212. При сравнении с ДБФ можно видеть, что для резин с Фитонорман-213 модуль, прочность и относительное удлинение в среднем на 15% выше, чем у фталатного пластификатора.

Для оценки адгезионных показателей образцов с эко-маслами Фитонорман был использован метод определения прочности связи между слоями «резина-резина» при расслоении по ГОСТ 6768–75 [13]. Увеличение дозировки масла вплоть до 30 масс. ч. снижает прочность связи до 30%, это подтверждается результатами, представленными на рисунке 1.

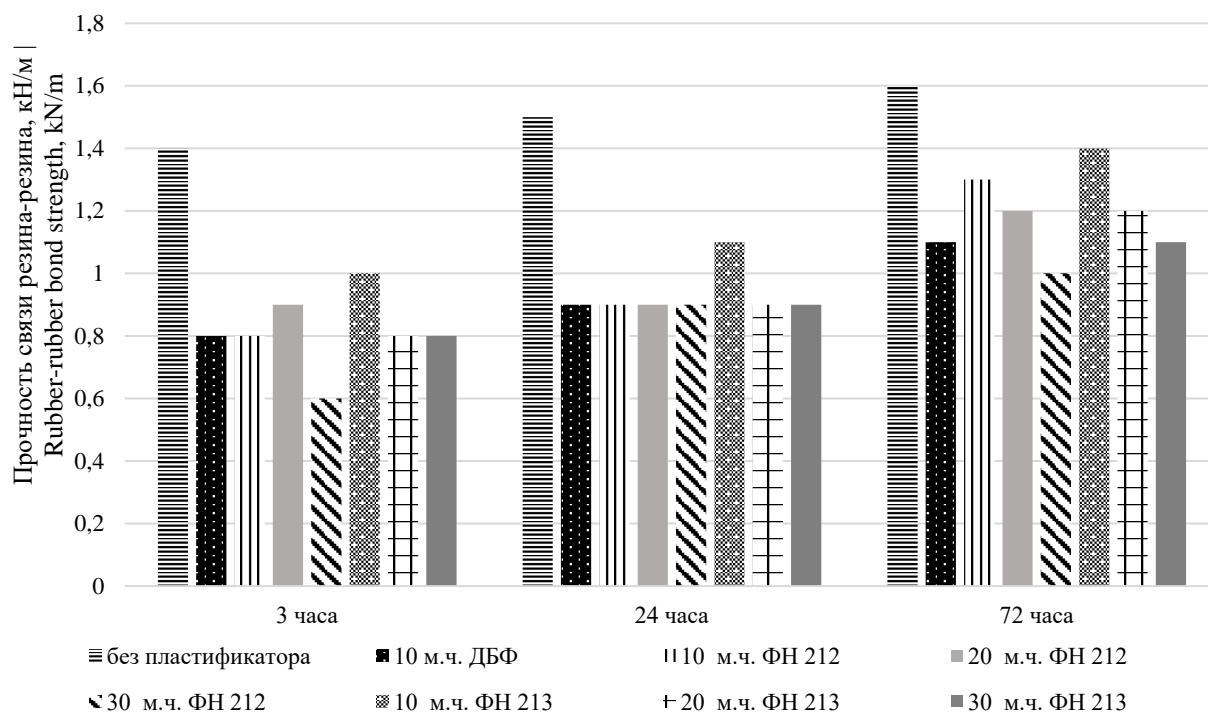


Рисунок 1. Влияние содержания типа и дозировки эко-масел Фитонорман на адгезионные показатели резин на основе БНКС-18АМН

Figure 1. Influence of type content and dosage of Phytonorman eco-oils on adhesive properties of rubbers based on BNKS-18AMN

Прочность связи резина-резина на основе БНКС-18 АМН с содержанием масла 10 масс. ч. для Фитонорман-213 снижается на 12%, а для Фитонорман-212 на 25% по сравнению с контрольным образцом и на 31% по сравнению с ДБФ.

Определение температуры стеклования методом ДСК проводили при нормальных условиях и после выдержки в неполярном растворителе (нефрас) в течении 7 суток, результаты приведены на рисунках 2 и 3 соответственно. Метод основан на измерении разности тепловых потоков стандартного и исследуемого образцов при нагревании и охлаждении с постоянной скоростью в области стеклования [15]. Релаксационный пере-

ход стеклования сопровождается скачкообразным ростом теплоемкости полимера и фиксируется на кривой ДСК в виде перегиба. Для получения более точных результатов температуры стеклования необходимо выбирать точку в середине линии перегиба [14]. На рисунке 2 видно, что температура стеклования образца без пластификатора составляет -33°C . В свою очередь введение масла Фитонорман-212 в количестве 10 масс. ч незначительно снижает температур стеклования на 1°C (таблица 5). Пластификатор Фитонорман-213 в аналогичной дозировке способствует понижению температуры стеклования до -42°C .

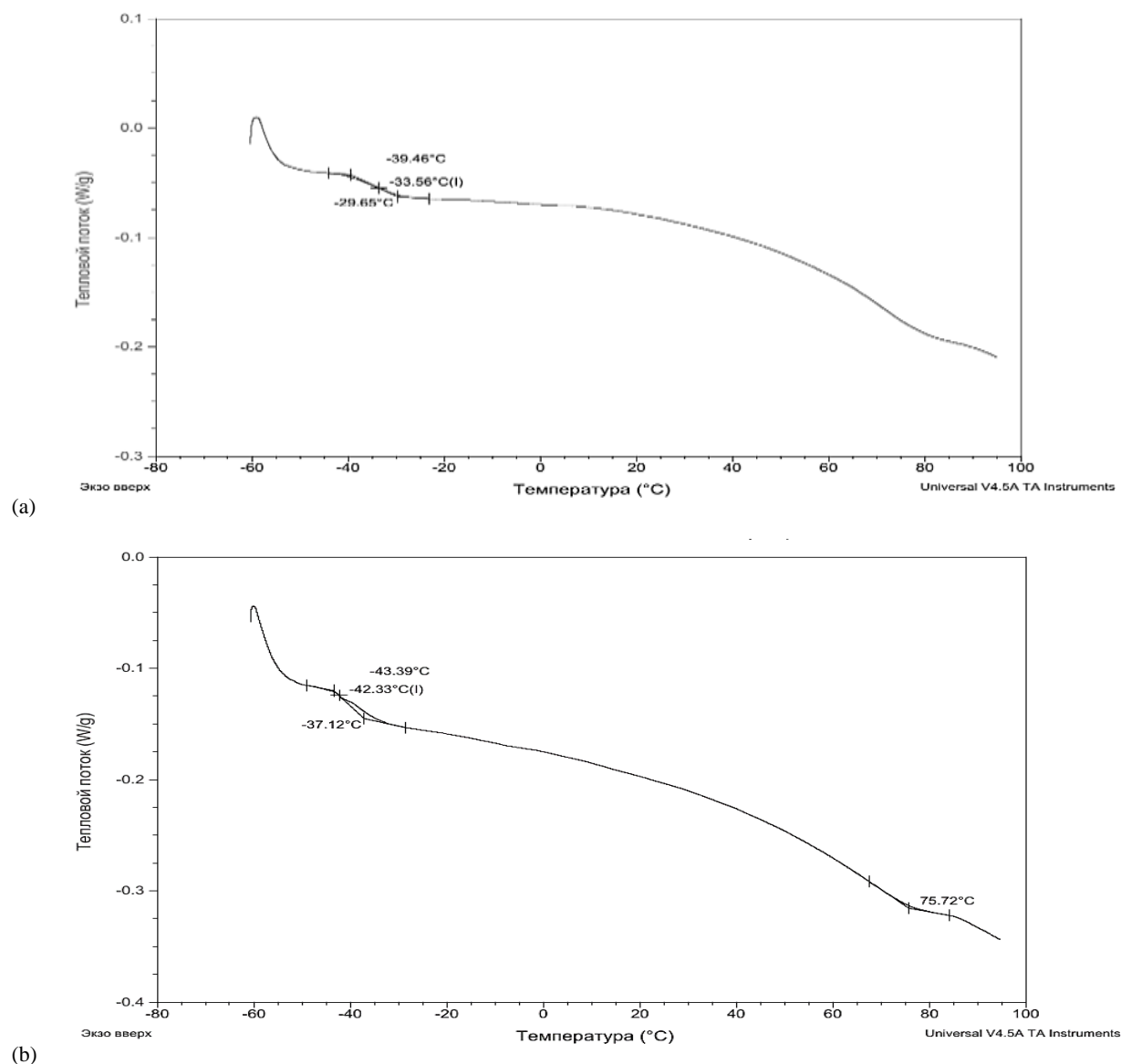


Рисунок 2. ДСК термограммы вулканизатов на основе БНКС-18АМН: (а) – без пластификатора; (б) – 10 масс. ч. Фитонорман-213

Figure 2. DSC thermograms of vulcanizates based on BNKS-18AMN: (a) - without plasticizer; (b) - 10 wt. h. Fitonorman-213

Таблица 4.
Результаты ДСК для резин на основе
БНКС-18АМН

Table 4.
DSC results for rubbers based on BNKS-18AMN

Показатель Indicator	Фитонорман-212, масс. ч Phytonorman 212, mass. h		Фитонорман-213, масс. ч Phytonorman 213, mass. h	
	0	10	10	20
Диапазон t, °C Range t, °C	-40...-30	-38...-31	-43...-37	-40...-37
Tg, °C	-34	-35	-42	-39

Поскольку эксплуатация изделий на основе каучуков БНКС происходит в среде масла и топлива, представляет интерес изучения температуры стеклования резин после контакта с агрессивной средой [16]. В работе в этом качестве использован нефтяной растворитель марки нефрас-С 50/170 [17, 18]. На рисунке 3 представлены ДСК термограммы вулканизатов на основе БНКС-18АМН после выдержки в нефтяном растворителе в течение 7 суток. Наблюдается повышение температуры стеклования у образцов с маслом Фитонорман-213 в среднем на 6 °C, что вероятно вызвано вымыванием пластификатора из массы резины (таблица 6).

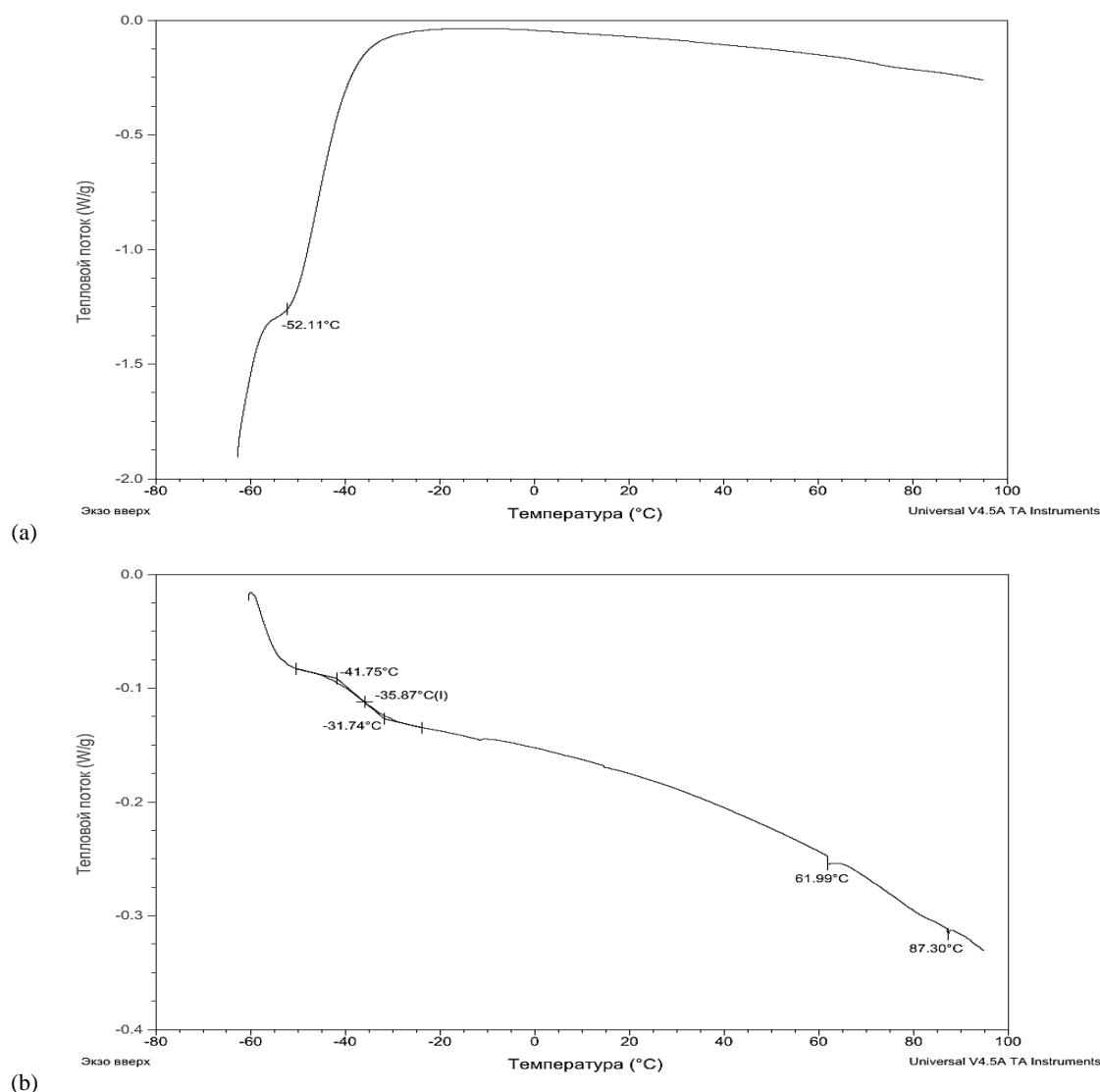


Рисунок 3. ДСК термограммы вулканизатов на основе БНКС-18АМН после выдержки в нефтяном растворителе в течение 7 суток: (а) – без пластификатора; (б) – 10 масс. ч. Фитонорман-213

Figure 3. DSC thermograms of vulcanizates based on BNKS-18AMN after soaking in petroleum solvent for 7 days: (a) - without plasticizer; (b) - 10 wt. h. Fitonorm-213

Таблица 5.

Результаты ДСК для резин на основе БНКС-18АМН после выдержки в нефтяном растворителе в течение 7 суток

Table 5.

Results of DSC for rubbers based on BNKS-18AMN after soaking in a petroleum solvent for 7 days

Показатель Indicator		Фитонорман-212, масс. ч Phytonorm 212, mass. h	Фитонорман-213, масс. ч Phytonorm 213, mass. h	
	0	10	10	20
Диапазон t , °C Range t , °C	–	-39...-29	-42...-32	-38...-28
T_g , °C	-52	-36	-36	-33

Для оценки влияния масел Фитонорман на температуру стеклования был использован метод термомеханического анализа, результаты приведены на рисунке 4. Данный метод заключается в построении термомеханической кривой зависимости деформации от температуры при постоянной нагрузке [19]. Температура стеклования в данном случае является релаксационным переходом от стеклообразного к высокоэластическому состоянию в исследуемых образцах резин с разными типами масел [20]. Из представленных термомеханических кривых видно, что введение масла Фитонорман-213 в количестве 10 масс. ч. в резину понижает температуру стеклования на 2 °C (до -37 °C), а увеличение его дозировки до 20 масс. ч. – на 4 °C (до -39 °C), по сравнению с образцом резин без пластификатора (таблица 7).

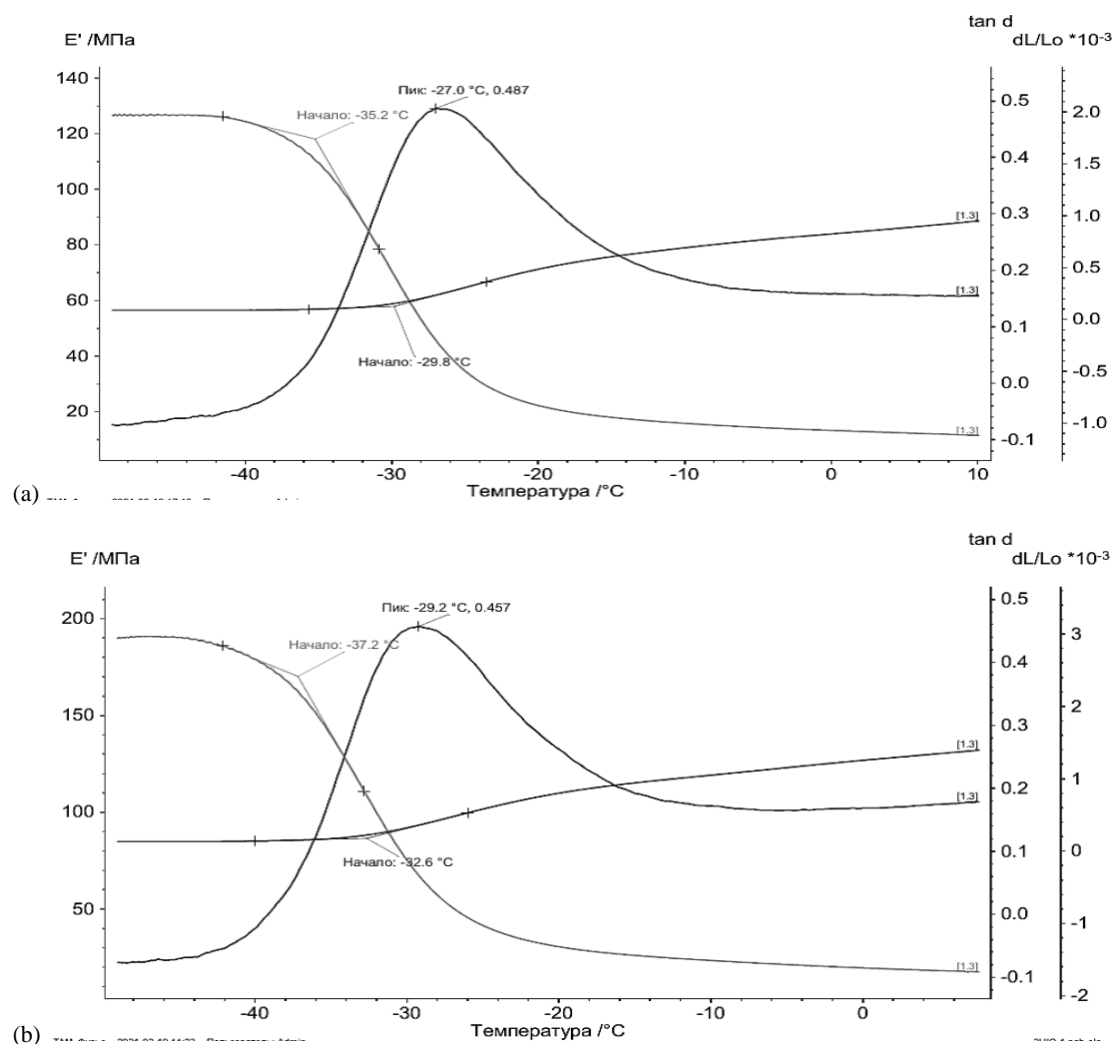


Рисунок 4. Результаты термомеханического анализа для вулканизатов на основе БНКС-18АМН: а – без пластификатора; б – 10 масс. ч. Фитонорман-213

Figure 4. Results of thermomechanical analysis for vulcanizates based on BNKS-18AMN: a – without plasticizer; b – 10 wt. h. Fitonorm-213

Таблица 6.

Результаты термомеханического анализа для резин на основе БНКС-18АМН

Table 6.
Results of thermomechanical analysis for rubbers based on BNKS-18AMN

Показатель Indicator	0	Фитонорман-212, масс. ч Phytonorman 212, mass. h	Фитонорман-213, масс. ч Phytonorman 213, mass. h	
		10	10	20
$T_{\text{начала по } E'}$ $T_{\text{start by } E'}$	-35 °C	-37 °C	-37 °C	-40 °C
T_g по $\text{tg} \delta$ T_g by $\text{tg} \delta$	-27 °C	-28 °C	-29 °C	-31 °C

Таким образом, по комплексу показателей масло Фитонорман-213 имеет преимущество в резинах на основе БКС-18АМН по сравнению с Фитнорман-212.

Заключение

Введение эко-масла Фитонорман-213 в рецептуры резиновых смесей на основе БНКС-18АМН до 10 масс. ч. позволяет улучшить технологические параметры, а именно, снизить усадку на 16%, увеличить пластичность и мягкость на 32 и 15% соответственно, а также понизить температуру стеклования резин. При этом физико-механические параметры и адгезионные свойства вулканизатов снижаются в среднем на 10%. Так же стоит отметить, что резины с маслом Фитонорман-213 по основным характеристикам не уступают нитрильным резинам с ДБФ, а по адгезионным свойствам превосходят на 27%.

Литература

- 1 Дик Д.С. Как улучшить резиновые смеси. 1800 практических рекомендаций для решения проблем; пер. с англ., под ред. БЛ Смирнова. СПб.: Профессия. 2016.
- 2 Павлова В.В., Соколова М.Д., Федорова А.Ф. Влияние содержания и природы пластификатора на свойства бутадиен-нитрильной резины // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2021. Т. 14. № 2. С. 222-232.
- 3 Ушмарин Н.Ф., Егоров Е.Н., Кольцов Н.И. Морозостойкая резина на основе комбинации бутадиен-нитрильного и гидроновых каучуков // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2017. Т. 60. № 8. С. 60-64.
- 4 Мухин В. В., Петрова Н.Н. Применение смесей нитрильных и диеновых каучуков в качестве основы для создания резин уплотнительного назначения для техники, эксплуатирующийся в условиях холодного климата // Каучук и резина – 2021: традиции и новации: материалы X Всероссийской конференции. ООО «Издательство «КиР», 2021. С. 75-76.
- 5 Павлова В.В., Соколова М.Д., Федорова А.Ф. Влияние содержания и природы пластификатора на свойства бутадиен-нитрильной резины // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2021. Т. 14. № 2. С. 222-232.
- 6 Богомазова Е.С., Минигалиев Т.Б. Изучение влияния нового мягчителя Фитонорман 212 на технологические и вулканизационные свойства протекторной резины // Промышленное производство и использование эластомеров. 2016. № 2. С. 13–15.
- 7 Орлова Е.А. и др. Свойства резиновых смесей на основе Фитонорман 212 и 213 в сравнении с рапсовым маслом // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технология. 2019. С. 79–81.
- 8 Котова С.В., Люсова Л.Р., Наумова Ю.А. и др. Особенности использования масел серии PHYTONORMAN в резинах на основе бутадиен-нитрильного каучука БНКС 28 АМН // Каучук и резина. 2020. Т. 79. № 3. С. 134–139.
- 9 Кольцов Н.И., Ушмарин Н.Ф., Исакова С.А., Виногорова С.С. Исследование влияния пластификаторов ПЭФ-1 и трихлорэтилфосфата на технологические, физико-механические свойства и морозостойкость резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 17. С. 41-44.
- 10 Мясникова Н.С., Селюгина Е.Г. О влиянии межфазных взаимодействий на свойства резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков // Вопр. Обор. Техники. Сер. 15. Композиционные неметаллические материалы в машиностроении. 2014. Т. 175. № 4. С. 28-33.
- 11 Аликберов А.С. и др. Особенности вулканизации БНК новых марок // Каучук и резина. 1988. № 5. С. 16–18.
- 12 Широкова Е.С., Фомин С.В. Изучение массопереноса сложноэфирного пластификатора в вулканизатах на основе бутадиен-нитрильных каучуков // Вестник Казанского технологического университета. 2008. № 6. С. 100-103.
- 13 Концеренко М.В., Христолюбов А.А., Тюрина Н.Д., Ефимов В.А. и тд. Исследование вязкостных свойств растворов каучука скмс-30аркп в дициклопентадиене // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология 2006. Т. 49. № 3. С. 50–52.
- 14 Дудина Е.С., Медведева К.А., Черезова Е.Н. Термический анализ процесса отверждения и термостойкости эпоксиаминных полимеров, модифицированных деструктатами силоксановых резин // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 9. С. 62-65.
- 15 Малышева Г.В., Ахметова Э.Ш., Шиминова Ю.Ю. Оценка температур фазовых переходов полимерных связующих методом дифференциально-сканирующей калориметрии // Клеи. Герметики. Технологии. 2014. № 6. С. 29-33.
- 16 Лопатина, С.С., Ваниев М.А., Сычев Н.В., Савченко Я.Ю. и тд. Набухание резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков в водных растворах хлорида натрия при повышенной температуре // Промышленное производство и использование эластомеров. 2019. № 4. С. 22-26.
- 17 Федорова А.Ф., Давыдова М.Л., Шадрин Н.В., Борисова А.А. и т.д. Исследование изменения свойств уплотнительных резин в условиях воздействия углеводородной среды и температурного режима // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2022. Т. 27. № 2. С. 316-326.
- 18 Чайкун А.Н., Венедиктова М.А., Елисеев О.А., Наумов И.С. Исследование топливостойких резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков, изготовленных с применением эмульгаторов различных типов // Труды ВИАМ. 2014.
- 19 Горбовец М.А., Кочетков Д.А., Ходинев И.А. Анализ и сравнение российского и зарубежного стандартов, устанавливающих методы испытаний на термомеханическую усталость // Труды ВИАМ. 2014.
- 20 Папков В.Н., Юрьев А.Н., Скачков А.М., Роднянский Д.А. и тд. Разработка оптимальных условий получения бутадиен-нитрильных каучуков с повышенной морозостойкостью // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 32-34.

References


- 1 Dick D.S. How to improve rubber compounds. 1800 practical recommendations for solving problems; lane from English, ed. BL Smirnova. SPb.: Profession. 2016. (in Russian).
- 2 Pavlova V.V., Sokolova M.D., Fedorova A.F. The influence of the content and nature of the plasticizer on the properties of butadiene-nitrile rubber. Journal of the Siberian Federal University. Technics and technology. 2021. vol. 14. no. 2. pp. 222-232. (in Russian).
- 3 Ushmarin N.F., Egorov E.N., Koltsov N.I. Frost-resistant rubber based on a combination of nitrile butadiene and hydriin rubbers. News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology. 2017. vol. 60. no. 8. pp. 60-64. (in Russian).
- 4 Mukhin V.V., Petrova N.N. The use of mixtures of nitrile and diene rubbers as a basis for creating sealing rubbers for equipment operating in cold climates. Rubber and Rubber -2021: traditions and innovations: materials of the X All-Russian Conference. LLC Publishing House "KiR", 2021. pp. 75-76. (in Russian).
- 5 Pavlova V.V., Sokolova M.D., Fedorova A.F. The influence of the content and nature of the plasticizer on the properties of butadiene-nitrile rubber. Journal of the Siberian Federal University. Technics and technology. 2021. vol. 14. no. 2. pp. 222-232. (in Russian).
- 6 Bogomazova E.S., Minigaliev T.B. Study of the influence of the new softener Fitonorman 212 on the technological and vulcanization properties of tread rubber. Industrial production and use of elastomers. 2016. no. 2. pp. 13–15. (in Russian).

- 7 Orlova E.A. et al. Properties of rubber mixtures based on Fitonorm 212 and 213 in comparison with rapeseed oil. Rubber industry: raw materials, materials, technology. 2019. pp. 79–81. (in Russian).
- 8 Kotova S.V., Lyusova L.R., Naumova Yu.A. et al. Features of the use of PHYTONORMAN series oils in rubbers based on nitrile butadiene rubber BNKS 28 AMN. Rubber and Rubber. 2020. vol. 79. no. 3. pp. 134–139. (in Russian).
- 9 Koltsov N.I., Ushmarin N.F., Issakova S.A., Vinogorova S.S. Study of the influence of plasticizers PEF-1 and trichlorethyl phosphate on the technological, physical and mechanical properties and frost resistance of rubbers based on nitrile butadiene rubbers. Bulletin of the Kazan Technological University. 2012. vol. 15. no. 17. pp. 41–44. (in Russian).
- 10 Myasnikova N.S., Selyugina E.G. On the influence of interfacial interactions on the properties of rubbers based on nitrile butadiene rubbers. Vopr. Obor. Technicians. Ser. 15. Composite non-metallic materials in mechanical engineering. 2014. vol. 175. no. 4. pp. 28–33. (in Russian).
- 11 Alikberov A.S. et al. Features of vulcanization of new grades of non-woven materials. Rubber and Rubber. 1988. no. 5. pp. 16–18. (in Russian).
- 12 Shirokova E.S., Fomin S.V. Study of mass transfer of ester plasticizer in vulcanizates based on nitrile butadiene rubbers. Bulletin of the Kazan Technological University. 2008. no. 6. pp. 100–103. (in Russian).
- 13 Kontserenko M.V., Khristolubov A.A., Tyurina N.D., Efimov V.A. et al. Study of the viscosity properties of solutions of SKMS-30arkp rubber in dicyclopentadiene. News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology 2006. vol. 49. no. 3. pp. 50–52. (in Russian).
- 14 Dudina E.S., Medvedeva K.A., Cherezova E.N. Thermal analysis of the curing process and heat resistance of epoxyamine polymers modified with siloxane rubber destructors. Bulletin of the Technological University. 2018. vol. 21. no. 9. pp. 62–65. (in Russian).
- 15 Malysheva G.V., Akhmetova E.Sh., Shimina Yu.Yu. Estimation of phase transition temperatures of polymer binders using differential scanning calorimetry. Adhesives. Sealants. Technologies. 2014. no. 6. pp. 29–33. (in Russian).
- 16 Lopatina, S.S., Vaniev M.A., Sychev N.V., Savchenko Y.Yu. et al. Swelling of rubbers based on nitrile butadiene rubbers in aqueous solutions of sodium chloride at elevated temperatures. Industrial production and use of elastomers. 2019. no. 4. pp. 22–26. (in Russian).
- 17 Fedorova A.F., Davydova M.L., Shadrinov N.V., Borisova A.A. et al. Study of changes in the properties of sealing rubber under the influence of a hydrocarbon environment and temperature conditions. Natural resources of the Arctic and Subarctic. 2022. vol. 27. no. 2. pp. 316–326. (in Russian).
- 18 Chaikun A.N., Venediktova M.A., Eliseev O.A., Naumov I.S. Study of fuel-resistant rubbers based on nitrile butadiene rubbers made with the use of various types of emulsifiers. Proceedings of VIAM. 2014. (in Russian).
- 19 Gorbovets M.A., Kochetkov D.A., Khodinev I.A. Analysis and comparison of Russian and foreign standards establishing test methods for thermomechanical fatigue. Proceedings of VIAM. 2014. (in Russian).
- 20 Papkov V.N., Yuryev A.N., Skachkov A.M., Rodnyansky D.A. et al. Development of optimal conditions for the production of nitrile-butadiene rubbers with increased frost resistance // Proceedings of VSUET. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 32–34. (in Russian).


Сведения об авторах

Инна И. Боброва аспирант, кафедра химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева, Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова «МИРЭА – Российский технологический университет», пр-т Вернадского, д. 86, г. Москва, 119571, Россия, bobrovaini@ya.ru

Светлана В. Котова к.т.н., доцент, кафедра химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева, Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова «МИРЭА – Российский технологический университет», пр-т Вернадского, д. 86, г. Москва, 119571, Россия, s.v.kotova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7076-4669>

Юлия А. Наумова д.т.н., профессор, кафедра химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева, Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова «МИРЭА – Российский технологический университет», пр-т Вернадского, д. 86, г. Москва, 119571, Россия, naumova_yulia@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9968-8244>

Вклад авторов

Инна И. Боброва провела эксперимент, выполнила расчёты, написала рукопись, несёт ответственность за плагиат

Светлана В. Котова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, консультация в ходе исследования

Юлия А. Наумова консультация в ходе исследования, корректировала рукопись до подачи в редакцию


Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Information about authors

Inna I. Bobrova graduate student, chair of chemistry and processing technology of elastomers, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA - Russian Technological University, Vernadskogo Pr., 86 Moscow, 119571, Russia, bobrovaini@ya.ru

Svetlana V. Kotova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chair of chemistry and processing technology of elastomers, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA - Russian Technological University, Vernadskogo Pr., 86 Moscow, 119571, Russia, s.v.kotova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7076-4669>

Yulia A. Naumova Dr. Sc. (Tech. Sc.), Professor, Chair of Chemistry and Processing Technology of Elastomers, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA - Russian Technological University, Vernadskogo Pr., 86 Moscow, 119571, Russia, naumova_yulia@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9968-8244>

Contribution

Inna I. Bobrova conducted an experiment, performed computations, wrote the manuscript, is responsible for plagiarism

Svetlana V. Kotova review of the literature on an investigated problem, consultation during the study

Yulia A. Naumova consultation during the study, correct manuscript before filing in editing

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 03/04/2023	После редакции 24/04/2023	Принята в печать 18/05/2023
Received 03/04/2023	Accepted in revised 24/04/2023	Accepted 18/05/2023