

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Материаловедение

УДК 678.046.6

DOI 10.31242/2618-9712-2018-26-4-118-124

Гидролизаты коллагена, полученные из плавательного пузыря северных рыб, как модификаторы морозостойких резин уплотнительного назначения

С.Ф. Иванова*, Н.Н. Петрова*, С.Т. Михайлова**

*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

**Российский технологический университет «МИРЭА», Москва, Россия

Isf1990@mail.ru

Аннотация. При создании новых эластомерных материалов перспективным представляется использование экологически чистых добавок природного происхождения, например, продуктов гидролиза различных белков, которые улучшают их эксплуатационные свойства. В данном исследовании в качестве модифицирующей добавки были использованы гидролизаты коллагена, полученные из плавательного пузыря северных видов рыб, щелочно-солевым методом с последующей сублимационной сушкой. Гидролизаты были применены в резинах на основе морозостойкого эпихлоргидринового каучука HYDRIN T6000 и бутадиен-нитрильных каучуков. Выявлено, что исследуемый модификатор способствует увеличению скорости вулканизации, сокращению технологического цикла производства резино-технических изделий, придает резинам более высокие релаксационные свойства при сохранении других характеристик. Методом ИК-спектроскопии подтверждена белковая природа гидролизатов коллагена и структурные изменения, происходящие при модификации резин, которые заключаются в химическом взаимодействии гидролизата с макромолекулами каучука. На примере бутадиен-нитрильного каучука показано, что в присутствии гидролизата коллагена увеличивается густота пространственной сетки вулканизационных связей эластомерного материала.

Ключевые слова: плавательный пузырь, гидролизат коллагена, эпихлоргидриновый каучук, бутадиен-нитрильный каучук, резина, модификация, остаточная деформация сжатия, скорость вулканизации.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Госзадания МОН РФ №11.1557.2017/4.6.

DOI 10.31242/2618-9712-2018-26-4-118-124

Collagen hydrolysates obtained from swim bladder of northern fish as modifiers of cold-resistant rubber for sealing purposes

S.F. Ivanova*, N.N. Petrova*, S.T. Mikhaylova**

*M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

**Russian Technological University «MIREA», Moscow, Russia

Isf1990@mail.ru

Abstract. During development of new elastomeric materials, it is promising to use environmentally friendly additives of natural origin, for example, products of hydrolysis of various proteins, which improve operational properties of the new materials. In this study, collagen hydrolysates obtained from the swim bladder of

northern fish species using the alkali-salt method followed by lyophilization were used as a modifying additive. The hydrolysates were used in rubbers based on frost-resistant epichlorohydrin rubber (GECO) HYDRIN T6000 and nitrile butadiene rubbers. It was found that the modifying additive leads to an increase of curing rate, reduction of the technological cycle of production of rubber products and gives the rubbers higher relaxation properties while retaining other characteristics. The protein nature of the collagen hydrolysates and structural changes occurring during rubber modification, which consist in the chemical interaction of the hydrolysate with rubber macromolecules, have been confirmed by FTIR spectroscopy. Using the nitrile-butadiene rubber, it has been shown that the presence of collagen hydrolysate leads to a denser network of vulcanization bonds of the elastomeric material.

Key words: swim bladder, collagen hydrolysate, epichlorohydrin rubber, nitrile butadiene rubber, rubber, modification, compression set, curing rate.

Acknowledgments. This work was carried out with the support of the State task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 11.1557.2017/4.6.

Введение

Перспективным направлением развития полимерного материаловедения является разработка экологически чистых материалов, в которых продукты глубокой переработки нефти заменены на ингредиенты природного происхождения, что снижает экологическую нагрузку на окружающую среду. Наиболее разработаны подобные материалы на основе синтетического полиизопрена (каучук марки СКИ-3), который является аналогом натурального каучука (НК). Применение для этих целей продуктов гидролиза кератинсодержащих белков, технического белка, аминокислот, серосодержащих аминокислот типа цистина, цистеина, которое развито в работах, проведенных под руководством Потапова Е.Э. [1], показало существенное улучшение свойств резин при их модификации. Следует отметить широкое внедрение в производство полимерных материалов полисахаридов, лигниноподобных компонентов, а также фосфолипидов, крахмала и т.д. [2–6].

Однако СКИ-3 уступает НК по ряду важных свойств: когезионной прочности, сопротивлению раздиру, теплостойкости и др. Необходимость улучшения свойств СКИ-3 требует поиска новых путей его модификации. Поскольку в НК важная роль принадлежит не каучуковым веществам, таким как связанные и несвязанные белок и липиды, введение в СКИ-3 белковых фрагментов, полученных из природного сырья, представляется одним из наиболее перспективных способов улучшения его потребительских свойств. В нашей стране данный каучук долгое время являлся самым крупнотоннажным и широко использовался для производства шин вследствие своей морозостойкости и прочностных характеристик.

Таким образом, модификация каучуков и резиновых смесей биологически активными веществами позволяет создавать композиционные материалы, обладающие высокой стабильностью к действию тепла, света, хорошими упру-

гогистерезисными свойствами и достаточным уровнем когезионной прочности. Нами были получены гидролизаты коллагена (ГК) из плавательного пузыря осетра, омуля, чира, щуки, которые могут быть опробованы для модификации резин. Подобные гидролизаты ранее не использовались как ингредиенты резин, т.е. было бы интересно изучить их влияние на основные свойства и процессы старения эластомерных материалов на основе морозостойких каучуков. В результате выполнения работы возможна замена некоторых ингредиентов резиновой смеси на разработанные нами белковые продукты без потери свойств резин, утилизация отходов рыбного производства и снижение нагрузки на окружающую среду.

В настоящее время освоение природных богатств Севера, развитие инфраструктуры арктических территорий – один из главных приоритетов Правительства Российской Федерации. Это требует оборудования и материалов, которые могут надежно эксплуатироваться в широком температурном диапазоне ($-60 \div 40$ °С) при воздействии ультрафиолета, озона, влажности, перепадов температур и агрессивных рабочих сред.

Эластомерные детали уплотнительного назначения (прокладки, уплотнители, диафрагмы) в достаточно большом количестве комплектуют технику Севера, обеспечивая герметичность соединений, узлов автомобилей и механизмов. В настоящее время они традиционно производятся из бутадиен-нитрильного каучука марки БНКС-18, который работоспособен до -50 °С. В то же время существуют новые виды каучуков, которые превосходят БНКС-18 по морозостойкости и маслостойкости, в частности, эпихлоргидриновый каучук HYDRINT6000 (Zeon, Япония), температура стеклования которого составляет -60 °С. Данный каучук пока еще мало известен и не опробован для техники Севера. На базе этого каучука можно и нужно разрабатывать свои морозостойкие рецепты для кон-

кретных применений в экстремальных климатических условиях. Это существенным образом расширит сырьевую базу для производства резинотехнических изделий (РТИ) и повысит надежность и долговечность эксплуатации техники для арктических условий эксплуатации.

К резинам, используемым в качестве герметизаторов и уплотнений, предъявляется ряд требований, среди которых определенный уровень прочностных свойств, стойкости в рабочих средах (чаще углеводородной природы), релаксационных характеристик. Уплотнитель предотвращает утечку рабочей среды, его главное назначение восстанавливать свою форму после снятия нагрузки, перекрывая тем самым зазоры в уплотнительном узле. В целях технического применения релаксационные свойства резин оценивают с помощью накопления остаточной деформации сжатия (ОДС). Для достижения высокой работоспособности уплотнителей необходимо снижать данный показатель для резин, из которых они изготовлены.

Целью данного исследования является изучение влияния экологически чистых добавок коллагеновой природы, полученных из плавательного пузыря северных рыб, на эксплуатационные показатели резин уплотнительного назначения на основе бутадиен-нитрильных и эписхлоргидриновых каучуков для улучшения их технологических и релаксационных свойств.

Материалы и методы

Химический состав плавательного пузыря северных рыб ранее не исследовался, данный вид биосырья в настоящее время вследствие малой изученности остается практически невостребованным. В ранее проведенных исследованиях для солиubilизации нативного коллагена нами разработана технология получения гидролизата коллагена с применением метода щелочного солевого гидролиза, с последующей сублимационной сушкой [7].

Полученные гидролизаты коллагена анализировали с применением методов ИК-спектроскопии на приборе Varian 7000FT-IR. С помощью метода динамического рассеивания света на анализаторе Zetasizer NanoZS (Malvern Instruments Ltd., UK) исследован размер частиц водной дисперсии ГК.

Полученный гидролизат коллагена вводили в качестве модификатора в резиновую смесь на основе каучуков различной химической природы –эписхлоргидриновый каучук (ЭПХГ) марки HYDRINE T6000, бутадиен-нитрильные с содержанием акрилонитрила 18 % (БНКС-18) и 26 % (БНКС-26). Резиновые смеси готовили в смесительной камере пластикордера «Брабен-

дер» при температуре 40 °С и частоте вращения вала 50 об./мин. Модификатор ГК вводили в стандартные резиновые смеси в количестве 1, 2, 3, 4, 5 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. Для получения корректных данных о влиянии ГК на свойства резин в качестве эталона сравнения использовали стандартные резиновые смеси с традиционно применяемым в РТИ содержанием ингредиентов (диспергаторы, ускорители вулканизации, активаторы вулканизации, сера). Для изучения влияния гидролизата коллагена на свойства морозостойких резин были выбраны следующие методы испытаний:

- вулканизационные характеристики с использованием безроторных реометров по ГОСТ Р 54547–2011 [8] на приборе D-RPA 3000 Mon-Tech;

- условная прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве по ГОСТ 270–75 [9] на разрывной машине Autograph AGS-JSTD Shimadzu;

- остаточная деформация сжатия по ГОСТ 9.029–74 [10], определенная после старения при температуре 100 °С в течение 72 ч;

- стойкость к термическому старению по ГОСТ 9.024–74 [11] при температуре старения 100 °С в течение 72 ч;

- густота вулканизационной сетки резин, которую оценивали по значениям концентрации поперечных связей и плотности поперечных сшивков по уравнению Флори – Ренера на основании данных равновесного набухания в хлороформе [12–14].

Результаты и обсуждение

Методом динамического рассеяния света было установлено, что водный раствор дисперсии ГК является полидисперсной системой, размер частиц основной фракции составляет 82,9 нм и зета-потенциал –3,46 мВ.

Анализ результатов для модифицированных резин на основе ЭПХГ, БНКС-18 и БНКС-26 (табл. 1) показал, что оптимальными прочностными и эластическими свойствами из всех исследованных концентраций гидролизата коллагена обладают образцы с содержанием ГК в количестве 4 мас.ч., 3 мас.ч., 3 мас.ч. для каждого каучука соответственно.

Изучение технологических свойств, в частности, кинетики вулканизации резин с исследуемыми добавками, показало, что для указанных выше композиций наблюдается существенное увеличение скорости вулканизации в главном периоде: для резины на основе эписхлоргидринового – на 68 %, для бутадиен-нитрильного каучука БНКС-18 – на 216 %, для БНКС-26 – на 359 %. Это позволило предположить участие

Main properties of modified rubbers based on GECO, NBR-18 and NBR-26

Серия Series	Содержание ГК, мас.ч. Content of collagen hydroly- sates, weight parts	ОДС, % CS, %	fp, МПа fp, MPa	Ep, %	Скорость вулканизации, мин ⁻¹ Curing rate, min ⁻¹
ЭПХГ / GECO	-	65	6,6±1,27	267±21	1,32
ЭПХГ / GECO	4	53	6,6±0,26	279±10	2,23
БНКС-18 / NBR-18	-	80	3,5±0,86	398±15	0,36
БНКС-18 / NBR-18	3	66	4,4±2,25	208±19	1,14
БНКС-26 / NBR-26	-	80	5,3±0,65	200±9	0,54
БНКС-26 / NBR-26	3	63	4,7±3,12	126±12	0,93

Примечание. fp, МПа – условная прочность при растяжении; Ep, % – относительное удлинение при разрыве; ОДС, % – остаточная деформация сжатия.

Note. fp, MPa is conditional tensile strength; Ep, % is elongation at break; CS, % is compression set.

гидролизата коллагена – добавки полярной природы (полипептиды) – в химических реакциях, приводящих к сшиванию макромолекул каучука в единую пространственную сетку. Таким образом, введение ГК приводит к сокращению продолжительности одной из самых энергозатратных стадий технологического цикла производства резинотехнических изделий – вулканизации, что в будущем должно повысить эффективность производства РТИ в целом при условии использования данных добавок.

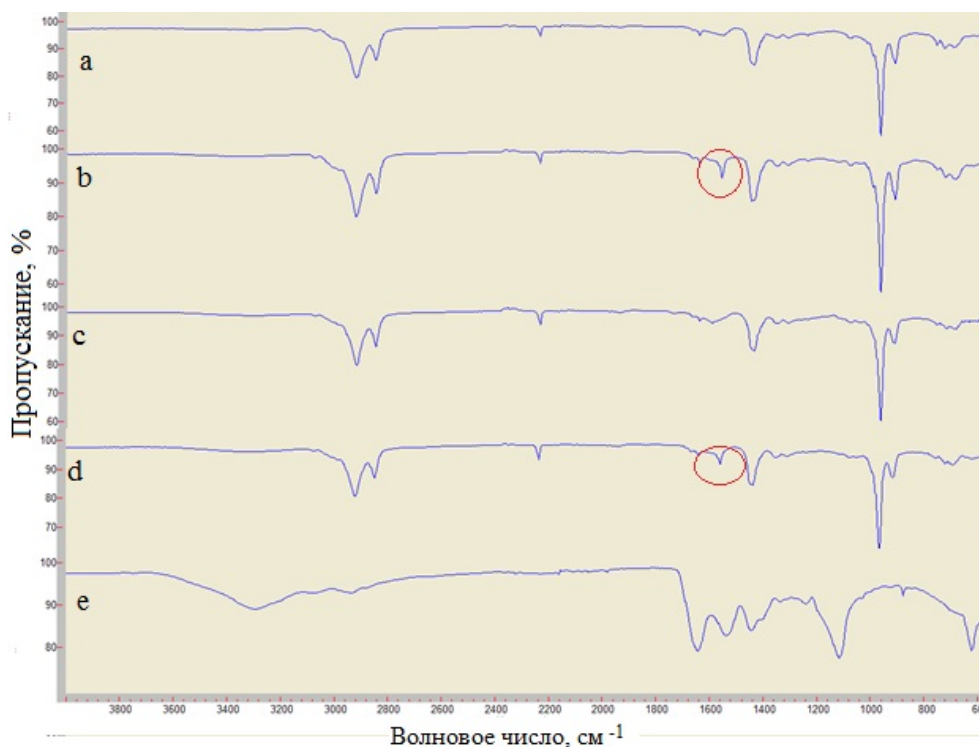
При изучении физико-механических свойств резин на основе ЭПХГ, содержащих гидролизат коллагена, было установлено, что модификатор не оказывает значительного влияния на свойства, полученные результаты лежат в пределах погрешности в соответствии с ГОСТ на данный вид измерения. Введение гидролизата коллагена в состав резиновой смеси на основе БНКС-18 в количестве 3 мас.ч. приводит к возрастанию условной прочности при растяжении на 26 %, при этом относительное удлинение при разрыве снижается на 47 % по сравнению с контрольным образцом. Значения условной прочности при растяжении резин на основе БНКС-26 при введении гидролизата коллагена незначительно уменьшаются по сравнению с исходными, относительное удлинение так же, как и для резин на основе БНКС-18, снижается более существенно (на 37 %).

Установлено, что в случае введения ГК в исследуемые резины на основе ЭПХГ, БНКС-18, БНКС-26 значение остаточной деформации сжатия резин, определенной в соответствии с ГОСТ 9.029–74, снижается на 18 %, 17 % и на 20 % соответственно по сравнению с исходными образцами, что является положительным фактом, поскольку данный показатель характеризует способность материала сохранять эластические свойства и восстанавливать свою

форму после старения в условиях постоянной деформации. Предложенный нами модификатор способствует сохранению более высоких релаксационных свойств резин, т.е. можно предположить более высокую работоспособность уплотнителей из них по сравнению с исходными.

Известно, что модифицирующие компоненты, содержащие азотсодержащие функциональные группировки, могут выступать в качестве противостарителей при термоокислительном старении резиновых смесей. В связи с этим для оценки возможности применения полученных гидролизатов в качестве антиоксидантов резиновых смесей была исследована их способность к термическому старению (ГОСТ 9.024–74). Выявлено, что при исследованных содержаниях гидролизата коллагена эксплуатационные свойства резин на основе эписхлоргидринового каучука HYDRIN T6000 после ускоренного термического старения в модельных условиях сохраняются на исходном уровне. Коэффициенты старения, рассчитанные по изменению прочности, находятся в пределах от 2 до 15 %, т.е. прочностные свойства исследованных резин меняются незначительно.

Таким образом, введение гидролизатов коллагена, полученных из плавательного пузыря северных пород рыб, в рецептуру резин на основе эписхлоргидринового и бутадиен-нитрильных каучуков приводит к существенному ускорению процесса вулканизации и улучшению релаксационных свойств полученных материалов. Подобное влияние может быть следствием химического взаимодействия гидролизата коллагена и макромолекул каучука в процессе его переработки. Для подтверждения данного предположения были проведены эксперименты по качественному определению функциональных групп, входящих в состав резин (ИК-спектрокопия), и густоты сетки вулканизационных



ИК-спектр: *a* – БНКС-18, *b* – БНКС-18+3 мас.ч. ГК, *c* – БНКС-26, *d* – БНКС-26+4 мас.ч., *e* – гидролизат коллагена

FTIR spectrums of: *a* – NBR-18, *b* – NBR-18 + 3 weight parts of collagen hydrolysates, *c* – NBR-26, *d* – NBR-26 + 4 weight parts, *e* – collagen hydrolysate.

The x-axis represents the wavenumber, cm^{-1} . The y-axis represents the transmittance, %.

связей, формируемой в эластомерном материале в присутствии гидролизата коллагена, полученного из плавательного пузыря северных рыб.

На рисунке представлены ИК-спектры исследуемых резин на основе БНКС-18, БНКС-26 и гидролизата коллагена, полученного методом щелочно-солевого гидролиза из плавательного пузыря северных видов рыб.

При интерпретации ИК-спектра ГК было обнаружено, что гидролизаты содержат характерные для белковых молекул полосы поглощения, которые относятся к колебанию пептидной группы. Зафиксированы характерные полосы поглощения: 3293 , 1644 , 1538 cm^{-1} , обусловленные валентными колебаниями NH-связи (Амид А), валентными колебаниями – CO связи (Амид I), деформационными колебаниями – NH (Амид II). Полосы Амид I и Амид II свидетельствуют о наличии α -спирали коллагена и ее сохранении в процессе гидролиза.

В ИК-спектрах резин на основе БНКС-18 и БНКС-26, содержащих гидролизат коллагена, наблюдается появление новой полосы поглощения в области 1562 cm^{-1} , обусловленной деформационными колебаниями NH, C=N-связи (Амид II), что свидетельствует о химическом взаимодействии исследуемых резин с ГК (рис. 1, *b*, *d*).

В подтверждение влияния полученного модификатора на свойства резин на основе полярных каучуков БНКС-26 была проведена работа по определению плотности поперечных связей вулканизатов методом равновесного набухания в хлороформе (табл. 2.) [13,14].

Таблица 2

Параметры вулканизационной сетки по данным степени равновесного набухания резин на основе БНКС-26, модифицированных гидролизатом коллагена

Table 2

The parameters of the vulcanization grid according to the degree of equilibrium swelling of rubbers based on NBR-26, modified with collagen hydrolysate

Содержание ГК, мас.ч. Content of collagen hydrolysates, weight parts	Равновесная степень набухания, % Equilibrium degree of swelling, %	Концентрация поперечных связей вулканизатов, 10^{23}cm^{-3} Concentration of cross-linking of vulcanizates, 10^{23}cm^{-3}	Молекулярная масса отрезков цепи между двумя соседними связями, г/моль Molecular mass of chain segments between two adjacent bonds, g/mol
0	0,826	0,0126	229
1	0,849	0,0137	211
2	0,654	0,0172	167
3	0,723	0,0150	192
4	0,818	0,0128	225

Анализ результатов, приведенных в табл. 2, показал, что при небольших (до 3 мас.ч.) концентрациях модификатора степень набухания в хлороформе уменьшается, что соответствует увеличению количества поперечных связей сетки в единице объема, что может быть следствием дополнительного сшивания макромолекул. При набухании сшитого полимера происходит проникновение молекул растворителя в эластомерный материал, образцы увеличиваются в объеме и по массе. Этому процессу препятствуют химические связи, соединяющие макромолекулы друг с другом [14].

Таким образом, в присутствии ГК густота сетки исследованных резин на основе ЭПХГ, БНКС-18 и БНКС-26 увеличивается, а длина отрезка цепи между соседними сшивками снижается, вследствие участия его в разнообразных химических реакциях, протекающих при вулканизации. Это коррелирует со снижением остаточной деформации сжатия (оптимальная плотность сетки обеспечивает высокую восстанавливаемость резин) и относительного удлинения при разрыве модифицированных резин (чем гуще сетка, тем труднее деформируется эластомерный материал). Появление новой полосы поглощения, соответствующей коллагену, в ИК-спектрах резин, содержащих гидролизат коллагена, также подтверждает этот факт.

Заключение

Проведенные исследования показали, что гидролизат коллагена, полученный из плавательного пузыря северных видов рыб, является комплексной экологически чистой добавкой, которая влияет на скорость вулканизации резин и оказывает значительное влияние на эксплуатационные свойства исследованных резин. При оптимальном содержании гидролизата коллагена в эластомерном материале полученные резины обладают повышенными релаксационными свойствами при сохранении прочности и стойкости к термическому старению. Следует подчеркнуть, что разработанная нами добавка получена из отходов переработки рыбного сырья, является «дружественной» по отношению к окружающей среде и будет способствовать разработке ресурсосберегающих технологий при переработке резин, а также при переработке уникального природного сырья Арктики.

Проведенные исследования позволяют также сделать выводы относительно механизма действия ГК в эластомерных материалах, выделить общие тенденции в изменении свойств резин на основе разных каучуков при их введении. Общими чертами являются снижение остаточной деформации сжатия, повышение эксплуатаци-

онных свойств и сохранение их при термическом старении, что, как показывают данные, в значительной степени связано с образованием в эластомерном материале в присутствии гидролизата коллагена более густой сетки вулканизационных связей.

Литература

1. *Потапов Е.Э., Резниченко С.В., Прут Э.В., Ермилов В.В., Волик В.Г.* Гидролизаты серосодержащих пептидов (кератин) как новые ингредиенты для полимерных композиционных материалов // *Каучук и резина*. 2016. № 3. С. 18–23.
2. *Краснова Т.С., Новопольцева О.М.* Исследование природных полимеров меланинов гриба *inonotusobliquus* (чага) в качестве противостарителей каучуков общего назначения. XXV Менделеевский конкурс молодых учёных. Томск, 2015.
3. *Маннапова Л.Р., Хусаинов А.Д., Черезова Е.Н., Ликумович А.Г., Удоротина Е.В., Щербаткова Т.П., Кучин А.В.* Влияние модифицированных лигноцеллюлозных добавок на комплекс свойств резин на основе полиизопренового каучука СКИ-3 // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. № 10.
4. *Цыганова М.Е., Рахматуллина А.П., Ликумович А.Г., Потапов Е.Э.* Получение когезивно-прочного синтетического каучука СКИ-3 с использованием модификатора – фосфолипидов // *Тез. докл. XIII Международной научно-технической конференции «Наукоемкие химические технологии-2010»*. Иваново; Суздаль, 2010. С. 366.
5. *Гончарова Ю.Э.* Исследование влияния биологически активных модификаторов на свойства резиновых смесей на основе синтетического полиизопрена: Дис. ... канд. хим. наук. М., 1998. 217 с.
6. *Kramarova Z., Alexy P., Chodak I., Špírk I E., Hudec I., Kosikova B., Gregorova A.* Biopolymers as fillers for rubber blends // *Polymers for advanced technologies*. 2007. No. 18. P. 135–140.
7. *Иванова С.Ф., Петрова Н.Н.* Исследование коллагена из плавательного пузыря осетровых (Acipenseridae) и сиговых (Coregonidae) пород рыб // *Вестник СВФУ. Серия 49, Технические науки*. 2015. № 5.
8. *ГОСТ Р 54547–2011.* Смеси резиновые. Определение вулканизационных характеристик с использованием безроторных реометров. М.: Стандартинформ, 2018.
9. *ГОСТ 270–75.* Метод определения упруго-прочностных свойств при растяжении. М.: ИПК «Издательство стандартов», 1978.
10. *ГОСТ 9.029–74.* Методы испытаний на стойкость к старению при статической дефор-

мации сжатия. М.: ИПК «Издательство стандартов», 1976.

11. *ГОСТ 9.024–74*. Методы испытаний на стойкость к термическому старению. М.: ИПК «Издательство стандартов», 1975.

12. *Аверко-Антонович И.Ю.* Методы исследования структуры и свойств полимеров. Казань: КГТУ, 2002. 604 с.

13. *Определение* параметров пространственной сетки вулканизатов. Л.: ЛТИ, 1976. 25 с.

14. *Шварц А.Г.* Номограммы для определения густоты пространственной сетки вулканизатов // Коллоидный журнал. 1957. № 3. С. 31–34.

References

1. *Potapov E.E., Reznichenko S.V., Prut E.V., Ermilov V.V., Volik V.G.* Gidrolizaty serosoderzhashchikh peptidov (keratin) kak novye ingredienty dlya polimernykh kompozitsionnykh materialov // *Kauchuk i rezina*. 2016. № 3. С. 18–23.

2. *Krasnova T.S., Novopol'tseva O.M.* Issledovanie prirodnnykh polimerov melaninov griba inonotobliquus (chaga) v kachestve protivostaritelej kauchukov obshchego naznacheniya. XXV Mendeleevskij konkurs molodykh uchenykh. Tomsk, 2015.

3. *Mannapova L.R., Husainov A.D., Cherezova E.N., Liakumovich A.G., Udoratina E.V., Scherbakova T.P., Kuchin A.V.* Vliyanie modifitsirovannykh lignotsellyuloznykh dobavok na kompleks svoystv rezin na osnove poliizoprenovogo kauchuka SKI-3 // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2014. T. 17, № 10.

4. *Tsyganova M.E., Rakhmatullina A.P., Liakumovich A.G., Potapov E.E.* Poluchenie kogeziionno-prochnogo sinteticheskogo kauchuka SKI-3 s ispol'zovaniem modifikatora – fosfolipidov // *Tez. dokl. XIII Mezhd. nauchno-tekhn. konf. «Naukoemkie*

khimicheskie tekhnologii-2010». Ivanovo; Suzdal', 2010. S. 366.

5. *Goncharova Yu.E.* Issledovanie vliyaniya biologicheskii aktivnykh modifikatorov na svoystva rezinovykh smesey na osnove sinteticheskogo poliizoprena: Dis. ... kand. him. nauk. M., 1998. 217 s.

6. *Kramarova Z., Alexy P., Chodak I., Spirk E., Hudec I., Kosikova B., Gregorova A.* Biopolymers as fillers for rubber blends // *Polymers for advanced technologies*. 2007. No. 18. P. 135–140.

7. *Ivanova S.F., Petrova N.N.* Issledovanie kol-lagena iz plavatel'nogo puzyrya osetrovyykh (Acipenseridae) i sigovykh (Corogenidae) porod ryb // *Vestnik SVFU. Seriya 49, Tekhnicheskie nauki*. 2015. № 5.

8. *GOST R 54547–2011*. Smesi rezinovykh. Opredelenie vulkanizatsionnykh kharakteristik s ispol'zovaniem bezrotornykh reometrov. M.: Standartinform, 2018.

9. *GOST 270–75*. Metod opredeleniya uprugoprochnostnykh svoystv pri rastyazhenii. M.: IPK «Izdatel'stvo standartov», 1978.

10. *GOST 9.029–74*. Metody ispytaniy na stojkost' k stareniyu pri staticheskoy deformatsii szhatiya. M.: IPK «Izdatel'stvo standartov», 1976.

11. *GOST 9.024–74* Metody ispytaniy na stojkost' k termicheskomu stareniyu. M.: IPK «Izdatel'stvo standartov», 1975.

12. *Averko-Antonovich I.Yu.* Metody issledovaniya struktury i svoystv polimerov. Kazan': KGTU, 2002. 604 s.

13. *Opredelenie* parametrov prostranstvennoy setki vulkanizatsionnykh. L.: LTI, 1976. 25 s.

14. *Shvarts A.G.* Nomogrammy dlya opredeleniya gustomy prostranstvennoy setki vulkanizatsionnykh // *Kolloidnyy zhurnal*. 1957. № 3. С. 31–34.

Поступила в редакцию 21.11.2018

Об авторах

ИВАНОВА Светлана Федоровна, старший преподаватель, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 677000, Якутск, ул. Белинского, 58, Россия, <http://orcid.org/0000-0001-9700-542X>, isf1990@mail.ru;

ПЕТРОВА Наталия Николаевна, доктор химических наук, доцент, профессор, зав. отделением, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 677000, Якутск, ул. Белинского, 58, Россия, <http://orcid.org/0000-0001-7699-7511>, pnn2002@mail.ru;

МИХАЙЛОВА Сахая Тимофеевна, магистрант, Российский технологический университет «МИРЭА», 119454, ЦФО, Москва, пр. Вернадского, 78, Россия, sakhayamikhaylova1996@mail.ru.

About the authors

IVANOVA Svetlana Fedorovna, Senior Lecturer, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, 58 Belinsky St., Yakutsk, 677000, Russia,

<http://orcid.org/0000-0001-9700-542X>, isf1990@mail.ru;

PETROVA Natalia Nikolaevna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of Department, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, 58 Belinsky St., Yakutsk, 677000, Russia,

<http://orcid.org/0000-0001-7699-7511>, pnn2002@mail.ru;

MIKHAYLOVA Sakhaya Timofeevna, Master Student, Russian Technological University «MIREA», 78 Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russia, sakhayamikhaylova1996@mail.ru.