

ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЛИНОЛЕУМА С ДОБАВКАМИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

Е.М. Готлиб, Д.Ф. Садыкова, Р.В. Кожевников, И.Д. Твердов, К.А. Мишагин

Елена Михайловна Готлиб (ORCID 0000-0003-2318-7333), Диляра Фанисовна Садыкова (ORCID 0000-0002-2010-1592)*

Кафедра технологий синтетического каучука, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 72, Казань, Российская Федерация, 420015
E-mail: egotlib@yandex.ru, dilyras@mail.ru *

Руслан Валентинович Кожевников (ORCID 0000-0003-1921-4677)

ООО «Комитекс Лин», ул. 2-я промышленная, 10, Сыктывкар, Российская Федерация, 167981
E-mail: rigel@inbox.ru

Илья Дмитриевич Твердов (ORCID 0000-0002-7524-3088), Кирилл Александрович Мишагин (ORCID 0000-0002-8503-9312)

ЛК «НаноАналитика», Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Петербургская, 50, Казань, Российская Федерация, 420074
E-mail: idtverdov@gmail.com, mishagin_krill@gmail.com

В работе было изучено применение золы рисовой шелухи (ЗРШ), полученной при разных температурах и синтетического волластонита на ее основе в качестве модификаторов в рецептуре поливинилхлоридной (ПВХ) композиции для производства линолеума. Был проанализирован элементный и фазовый состав минеральной части рисовой шелухи и ее золы, полученной при разных температурных режимах, а также влияние этих модификаторов на физико-механические свойства поливинилхлоридного материала. Установлено, что зола, полученная при более высокой температуре сжигания рисовой шелухи, содержит меньшую долю рентгеноаморфной фазы, в результате кристаллизации аморфного диоксида кремния и перехода его в кристобалит, характеризующийся кристаллической структурой. Исследование показало, что синтетический волластонит, полученный из ЗРШ и СаО, содержит в своем составе преимущественно β-волластонит, а в качестве примеси – ларнит. Максимальное содержание в его составе β-волластонита достигается при температуре твердофазного синтеза 900 °С. ЗРШ, не зависимо от температуры ее получения, как и синтетический волластонит практически не влияют на прочность связи между слоями ПВХ линолеума. В то же время эти модификаторы заметно снижают миграцию пластификатора из модифицированной ими ПВХ пасты для изготовления линолеума. С ростом температуры процесса получения ЗРШ и синтетического волластонита на ее основе миграция пластификатора из модифицированной ими ПВХ пасты закономерно увеличивается. Синтетический волластонит, полученный на основе ЗРШ и оксида кальция при оптимальной температуре, имеет белый цвет и снижает миграцию пластификатора из ПВХ пасты для производства линолеума. Поэтому он может эффективно использоваться в качестве модификатора ПВХ композиций для изготовления напольных покрытий.

Ключевые слова: поливинилхлорид, линолеум, синтетический волластонит, зола рисовой шелухи

Для цитирования:

Готлиб Е.М., Садыкова Д.Ф., Кожевников Р.В., Твердов И.Д., Мишагин К.А. Поливинилхлоридные композиции для линолеума с добавками наполнителей на основе рисовой шелухи. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2023. Т. 66. Вып. 2. С. 114–119. DOI: 10.6060/ivkkt.20236602.6692.

For citation:

Gotlib E.M., Sadykova D.F., Kozhevnikov R.V., Tverdov I.D., Mishagin K.A. Polyvinyl chloride compositions with fillers based on rice husk for linoleum. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 2. P. 114–119. DOI: 10.6060/ivkkt.20236602.6692.

POLYVINYL CHLORIDE COMPOSITIONS WITH FILLERS BASED ON RICE HUSK FOR LINOLEUM

E.M. Gotlib, D.F. Sadykova, R.V. Kozhevnikov, I.D. Tverdov, K.A. Mishagin

Elena M. Gotlib (ORCID 0000-0003-2318-7333), Dilyara F. Sadykova (ORCID 0000-0002-2010-1592)*

Department of Synthetic Rubber Technologies, Kazan National Research Technological University, Karl Marx st., 72, Kazan, 420015, Russia

E-mail: egotlib@yandex.ru, dilyras@mail.ru*

Ruslan V. Kozhevnikov (ORCID 0000-0003-1921-4677)

Komiteks Lin LLC, 2nd Promyshlennaya st., 10, Syktyvkar, 167981, Russia

E-mail: rigel@inbox.ru

Ilya D. Tverdov (ORCID 0000-0002-7524-3088), Kirill A. Mishagin (ORCID 0000-0002-8503-9312)

LC "NanoAnalytika", Kazan National Research Technological University, Petersburgskaya st., 50, Kazan, 420074, Russia

E-mail: idtverdov@gmail.com, mishagin_krill@gmail.com

The use of rice husk ash obtained at different temperatures and synthetic wollastonite based on it were studied as modifiers in the formulation of a polyvinyl chloride (PVC) composition for the production of the vinyl flooring (linoleum). The elemental and phase composition of the mineral part of rice husk and its ash obtained at different temperature conditions, as well as the effect of these modifiers on the physical and mechanical properties of the PVC material, were analysed. It was found that the ash obtained at a higher combustion temperature of rice husks contains a smaller proportion of the X-ray amorphous phase due to the crystallization of amorphous silicon dioxide and its transition to cristobalite, characterized by a crystalline structure. The study showed that synthetic wollastonite, obtained on the basis of rice husk ash and calcium oxide, contains mainly β -wollastonite, and larnite is an impurity in its composition. The maximum content of β -wollastonite in the composition is achieved at a solid-phase synthesis temperature of 900 °C. Rice husk ash, regardless of the temperature of its production, as well as synthetic wollastonite practically does not affect the bond strength between the layers or ply adhesion of PVC linoleum. At the same time, these modifiers noticeably reduce the migration of the plasticizer from the linoleum PVC paste modified by them. With an increase in the temperature of the process of obtaining rice husk ash and synthetic wollastonite on its basis, the migration of the plasticizer from the PVC paste modified by them increases. Synthetic wollastonite, obtained on the basis of rice husk ash and calcium oxide at an optimal temperature, has a white colour and reduces the migration of plasticizer from PVC paste for the production of linoleum. Therefore, it can be effectively used as a modifier of PVC compositions for the manufacture of floor coverings.

Key words: PVC compositions, vinyl flooring, synthetic wollastonite, rice husk ash

ВВЕДЕНИЕ

Особое место среди полимеров, по перспективности применения и разнообразию свойств, занимает поливинилхлорид (ПВХ), на основе которого выпускается широкий ассортимент композиционных материалов [1-3]. Одним из эффективных способов направленного регулирования свойств и удешевления ПВХ композиций является введение в их состав дисперсных наполнителей [4], среди которых наибольший интерес представляют побочные продукты переработки зерна, в частности, рисовая шелуха (РШ) [5].

РШ и ее зола, как источник аморфного активного диоксида кремния [6-10], и синтетический волластонит на ее основе [11-13] представляют большой интерес в качестве наполнителей ПВХ композиций для напольных покрытий, как малотоксичные и экономичные продукты, получаемые из отходов ежегодно возобновляемого растительного сырья [5, 14].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для изготовления образцов напольных материалов применялись: ПВХ-смола марки 372NF (ТУ 2212-002-83385954-2012), пластификатор ЭДОС (ТУ 2493-003-13004749-93) и микрорамор марки

PM-130 (ТУ 5716-001-99242323-2007). В качестве модификаторов использовались: зола рисовой шелухи (ЗРШ), полученная при температурах 350 °С (ЗРШ₁) и 800 °С (ЗРШ₂), и синтетический волластонит, полученный при различных температурах на основе ЗРШ₂ и оксида кальция из известняка при соотношении CaO:SiO₂ 1,2:1 [5, 15-17]. Компоненты смеси вводились в соотношении 27% ПВХ, 22% ЭДОС, 48% микрорамора, 3% модификатора. Образцы готовились на разогретом барабане, моделирующем процесс промышленного выпуска рулонных материалов, при температуре 125-140 °С в течение 3-х мин.

Рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА) проводился на многофункциональном дифрактометре Rigaku SmartLab при параметрах съемки: угловой интервал от 3 °С до 65 °С с шагом сканирования 0,02, с экспозицией 1 секунда в точке.

Рентгенофлуоресцентный анализ проводился на приборе Rigaku (ГОСТ 55410-2013).

Удельная площадь поверхности определялась по методу БЭТ (Брунауэр-Эммет-Теллер) согласно ISO 9277, объем пор, а также их распределение по размерам, было получено с использованием теории ВЈН (метод Barrett-Joyner-Halenda) по ISO 15901-2 на анализаторе площади поверхности и размера пор Quantachrome Nova 1200e.

Прочность связи между слоями линолеума определяли по ГОСТ7251-77.

Миграция пластификатора из ПВХ пасты для линолеума определялась по изменению веса образцов, в соответствии с Европейским стандартом EN 664:1994.

Вязкость ПВХ паст определялась на ротационном вискозиметре Брукфильда LVDV-II, при строго заданной скорости вращения шпинделя №2 64 об/мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные рентгенофлуоресцентного анализа показали (табл. 1), что элементный состав минеральной части РШ и ее золы, полученной при сжигании, как при 350 °С, так и 800 °С в течение 3 ч, практически одинаков. Отличия в содержаниях всех элементов находятся в пределах допустимой ошибки метода ($\pm 3\%$). Таким образом, можно сделать заключение, что сжигание РШ не изменяет состава ее минеральной части, а влияет только на органическую составляющую.

Содержание рентгеноаморфной фазы в составе ЗРШ, полученной при сжигании РШ при 350 °С (табл. 1), существенно больше, чем при получении ЗРШ при 800 °С. Это, очевидно, связано с более

высоким относительным содержанием аморфного диоксида кремния в составе ЗРШ₁. Уменьшение доли рентгеноаморфной фазы, при росте температуры сжигания рисовой шелухи, происходит в результате кристаллизации аморфного диоксида кремния и перехода его в кристобалит или тридимит, которые являются кристаллическими минералами класса кремнезёмов [18]. Кальцит – одна из природных форм карбоната кальция. Кварц является полиморфной модификацией диоксида кремния [18].

Фазовый состав, по данным РКФА, синтетического волластонита (СВ), полученного при разных температурах твердофазного синтеза [16, 19], представлен в табл. 2. СВ, независимо от температуры его синтеза, содержит преимущественно β -волластонит (табл. 2). Максимальное содержание в составе синтезированного наполнителя – β -волластонита достигается при температуре твердофазного процесса 900 °С. В качестве примеси в его составе обнаружен ларнит – Ca₂SiO₃, который является островным силикатом [18]. В отличие от β -волластонита, который имеет цепочную структуру с игольчатой формой частиц, ларнит, не является эффективным наполнителем полимерных материалов [19].

Таблица 1

Элементный и фазовый составы рисовой шелухи и ее золы
Table 1. Elemental and phase content of rice husk and its ash

Тип наполнителя	РШ	ЗРШ ₁	ЗРШ ₂
Фазовый состав, % масс.			
Рентгеноаморфная фаза	85	97	75
Тридимит	6	-	-
Кристобалит	6	-	23
Карфолит	3	-	-
Кальцит	-	2	-
Прочее	-	1	-
Кварц	-	-	1
Тридимит	-	-	1
Элементный состав, %			
Si	72	76	77
K	15	12	13
Ca	4	5	4
Cl	3	1	1
P	1	3	2
S	2	1	1

Введение синтетического волластонита в состав ПВХ композиции, для производства линолеума, практически не увеличивает вязкость пасты и существенно не влияет на характер зависимости этого показателя от времени ее выдержки при комнатной температуре (рис. 1).

Таблица 2
Фазовый состав и пористость СВ, полученного при различных температурах
Table 2. Phase composition and porosity of synthetic wollastonite obtained at different temperatures

T, °C	800	900	950
β-волластонит, %	75	77	75
Ларнит, %	25	23	25
Общий объем пор по ВЖН, см ³ /г	0,12	0,08	0,06
Средний диаметр пор по ВЖН, нм	3,69	4,12	4,12

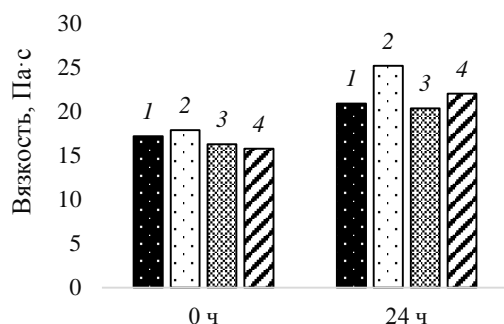


Рис. 1. Зависимость вязкости пасты, модифицированной СВ, от времени ее выдержки при комнатной температуре: 1-базовая рецептура (БР); 2- синтетический волластонит, полученный при 800 °С (СВ-800); 3- синтетический волластонит, полученный при 900 °С (СВ-900); 4- синтетический волластонит, полученный при 950 °С (СВ-950)

Fig. 1. Dependence of the viscosity of the paste modified with synthetic wollastonite, on the time of its exposure at room temperature: 1-original formulation (BR); 2-synthetic wollastonite obtained at 800 °C (CB-800); 3-synthetic wollastonite obtained at 900 °C (CB-900); 4-synthetic wollastonite obtained at 950 °C (CB-950)

Прочность связи между слоями линолеума остается на уровне напольного покрытия базовой рецептуры (БР) при использовании в качестве модификатора волластонита, синтезированного при температурах 800 °С и 900 °С, (рис. 2). Волластонит, синтезированный при 950 °С, снижает прочностные характеристики линолеума. В то же время, температура твердофазного синтеза волластонита на основе золы рисовой шелухи заметно влияет на миграцию пластификатора из модифицированной им ПВХ пасты для изготовления линолеума. Величина снижения миграции пластификатора из модифицированной синтетическим волластонитом ПВХ пасты уменьшается с ростом температуры получения СВ (рис. 2). Это можно связать с уменьшением пористости силиката кальция (табл. 2), которая и является основным фактором, влияющим на миграционные процессы в пластифицированной ПВХ композиции [20]. Таким образом, волластонит, синтезированный при температурах 800 и 900 °С, является эффективным модификатором ПВХ ком-

позиций для производства линолеума, улучшающим его долговечность в процессе эксплуатации, ввиду снижения миграции пластификатора.

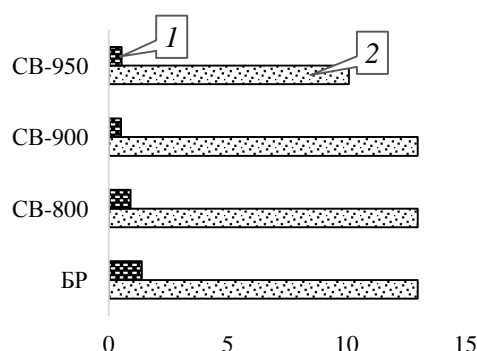


Рис. 2. 1-Прочность связи между слоями линолеума, на основе ПВХ пасты и 2-миграция из нее пластификатора
 Fig. 2. 1-Bond strength between vinyl flooring layers, produced from the PVC paste modified with synthetic wollastonite, and 2-migration of the plasticizer from the paste

зола рисовой шелухи оказывает аналогичное синтетическому волластониту модифицирующее действие. Независимо от температуры получения ЗРШ практически не влияет на прочность связи между слоями ПВХ линолеума, но изменяет степень миграции пластификатора из пасты для его изготовления. В этом случае также наблюдается корреляция степени миграции пластификатора из ПВХ композиции и пористости структуры применяемого модификатора (табл. 3). Действительно, проведенные исследования показали, что площадь микропор и их общий объем существенно уменьшаются с ростом температуры получения золы (табл. 3). Установлено, что ЗРШ₁ уменьшает миграцию пластификатора, а ЗРШ₂, имеющая меньшую пористость, увеличивает этот показатель (табл. 3). Можно предположить, что пластификатор впитывается в поры ЗРШ или волластонита, и поэтому не может выделяться из ПВХ композиции.

Таблица 3
Характеристики пористости ЗРШ и свойства ПВХ линолеума на основе пасты с ее добавлением
Table 3. Porosity of rice husk ash and properties of vinyl flooring based on PVC paste modified with rice husk ash

Образец	ЗРШ ₁	ЗРШ ₂
Объем пор, см ³ /г	0,003	0,001
Площадь микропор, м ² /г	5,7	3,2
Вязкость сразу, Па·с	13,3	14,5
Вязкость через 24 ч, Па·с	18,4	21,1
Прочность связи, Н/см	8,8	8,8
Миграция пластификатора, %	5,8	7,8

В отличие от синтетического волластонита ЗРШ, полученная при разных температурах сжигания рисовой шелухи, повышает вязкость пасты (табл. 3), что не является положительным технологическим фактором [21, 22]. Кроме того, синтетический волластонит имеет чисто белый цвет, а ЗРШ – черный. Последнее может оказывать негативное влияние на декоративные качества линолеума [21]. Таким образом, волластонит, синтезированный при температурах 800 и 900 °С, является эффективным модификатором ПВХ композиций для производства линолеума, улучшающим его долговечность в процессе эксплуатации, за счет снижения миграции пластификатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г.** Полимерные композиционные материалы (часть 1). Томск: Изд-во Томск. политех. ун-та. 2013. 118 с.
2. **Пахомов С.И., Трифонова И.П., Бурмистров В.А.** Поливинилхлоридные композиции. Иваново: Иван. гос. хим. технол. ун-т, 2010. 104 с.
3. **Седых В.А., Воротягин А.Ю., Кузнецова Е.С., Усс Е.П.** Свойства наполненных композиций на основе эмульсионного ПВХ. *Тр. БГТУ*. 2013. № 4 (160). С. 117-121.
4. **Гузев В.В.** Структура и свойства наполненного ПВХ. Научные основы и технологии. *Монография*. 2012. 284 с.
5. **Chaudhary D.S., Jollands M.C., Cser F.** Understanding rice husk ash as fillers in polymers: A review. *Silicon Chem*. 2002. N 1. P. 281–289. DOI: 10.1023/B:SILC.0000018361.66866.
6. **Thuadaj N., Nuntiya A.** Synthesis and characterization of nanosilica from rice husk ash prepared by precipitation method. *J. Nat. Sci. Spec. Iss. Nanotechnol*. 2008. V. 7. N 1. P. 59–65.
7. **Matori K.A., Haslinawati M.M., Wahab Z.A., Sidek H.A., Ban T.K., Ghani W.A.** Producing Amorphous White Silica from Rice Husk. *Masaum J. Basic Appl. Sci*. 2009. V. 1. N 3. P. 512–515.
8. **Tuan N.T., Nguyen H.M.P., Tan H.N.T., Pham T.B.T.** Synthesis of SiO₂ nanoparticles from rice husk ash by precipitation. *Can Tho univ. Sci. J. - Viet Nam*. 2014. V. 32. P. 120–124.
9. **Kumar S., Sangwan P., Dhankhar R. Mor V., Bidra S.** Utilization of Rice Husk and Their Ash: A Review. *Res. J. Chem. Env. Sci*. 2013. V. 1. N 5. P. 126-129.
10. **Kalapathy U, Proctor A., Shultz J.** An improved method for production of silica from rice husk ash. *Biores. Technol*. 2002. V. 85. N 3. P. 285 – 289. DOI: 10.1016/s0960-8524(02)00116-5.
11. **Ismail H., Shamsudin R., Hamid M.A.A., Jalar A.** Synthesis and Characterization of Nano-Wollastonite from Rice Husk Ash and Limestone. *Materials Science Forum 756* (May 2013). 2013. P. 43–47. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.756.43.
12. **Akrajaj A.U., Muhamad M.S., Muhammad Y.** Synthesis and Characterization of Nano-Wollastonite from Rice Husk Ash and Limestone. *Mater. Sci. Forum*. 2013. V. 756. N 5. P. 43-47.

ВЫВОДЫ

Синтетический волластонит, полученный на основе золы рисовой шелухи и оксида кальция, содержит в своем составе преимущественно β-волластонит, является пористым, имеет белый цвет и снижает миграцию пластификатора из ПВХ пасты для производства линолеума. Поэтому, он может эффективно использоваться в качестве модификатора ПВХ композиций для изготовления напольных покрытий.

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

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

REFERENCES

1. **Bondaletova L.I., Bondaletov V.G.** Polymer composite materials (part 1). Tomsk: Izd-vo Tomsk. politekh. un-ta. 2013. 118 p. (in Russian).
2. **Pakhomov S.I., Trifonova I.P., Burmistrov V.A.** Polyvinyl chloride compositions. Ivanovo: Ivan. gos. chem. tekhnol. un-t. 2010. 104 p. (in Russian).
3. **Sedykh V.A., Vorotyagin A.Y., Kuznetsova E.S., Uss E.P.** Properties of filled compositions based on emulsion PVC. *Tr. BGTU*. 2013. N 4 (160). P. 117-121 (in Russian).
4. **Guzeev V.V.** Structure and properties of filled PVC. Scientific foundations and technologies. *Monograph*. 2012. 284 p. (in Russian).
5. **Chaudhary D.S., Jollands M.C., Cser F.** Understanding rice husk ash as fillers in polymers: A review. *Silicon Chem*. 2002. N 1. P. 281–289. DOI: 10.1023/B:SILC.0000018361.66866.
6. **Thuadaj N., Nuntiya A.** Synthesis and characterization of nanosilica from rice husk ash prepared by precipitation method. *J. Nat. Sci. Spec. Iss. Nanotechnol*. 2008. V. 7. N 1. P. 59–65.
7. **Matori K.A., Haslinawati M.M., Wahab Z.A., Sidek H.A., Ban T.K., Ghani W.A.** Producing Amorphous White Silica from Rice Husk. *Masaum J. Basic Appl. Sci*. 2009. V. 1. N 3. P. 512–515.
8. **Tuan N.T., Nguyen H.M.P., Tan H.N.T., Pham T.B.T.** Synthesis of SiO₂ nanoparticles from rice husk ash by precipitation. *Can Tho univ. Sci. J. - Viet Nam*. 2014. V. 32. P. 120–124.
9. **Kumar S., Sangwan P., Dhankhar R. Mor V., Bidra S.** Utilization of Rice Husk and Their Ash: A Review. *Res. J. Chem. Env. Sci*. 2013. V. 1. N 5. P. 126-129.
10. **Kalapathy U, Proctor A., Shultz J.** An improved method for production of silica from rice husk ash. *Biores. Technol*. 2002. V. 85. N 3. P. 285 – 289. DOI: 10.1016/s0960-8524(02)00116-5.
11. **Ismail H., Shamsudin R., Hamid M.A.A., Jalar A.** Synthesis and Characterization of Nano-Wollastonite from Rice Husk Ash and Limestone. *Materials Science Forum 756* (May 2013). 2013. P. 43–47. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.756.43.
12. **Akrajaj A.U., Muhamad M.S., Muhammad Y.** Synthesis and Characterization of Nano-Wollastonite from Rice Husk Ash and Limestone. *Mater. Sci. Forum*. 2013. V. 756. N 5. P. 43-47.

13. **Pham T.K., Tran T.T.L., Pham T.L.T., Tran P.Q.N., Nguyen H.T., Mohd M.A.B.A.** A Novel Study on Using Vietnam Rice Husk Ash and Cullet as Environmental Materials. *MATEC Web of Conf.* 2017. P. 97. DOI: 10.1051/matec-conf/20179701118.
14. **Тептерева Г.А., Пахомов С.И., Четвертнева И.А., Каримов Э.Х., Егоров М.П., Мовсумзаде Э.М., Евстигнеев Э.И., Васильев А.В., Севастьянова М.В., Волошин А.И., Нифантьев Н.Э., Носов В.В., Докичев В.А., Бабаев Э.Р., Роговина С.З., Берлин А.А., Фахреева А.В., Баулин О.А., Колчина Г.Ю., Воронов М.С., Староверов Д.В., Козловский И.А., Козловский Р.А., Тарасова Н.П., Занин А.А., Кривобородов Е.Г., Каримов О.Х., Флид В.Р., Логинова М.Е.** Возобновляемые природные сырьевые ресурсы, строение, свойства, перспективы применения. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2021. Т. 64. Вып. 9. С. 4-121. DOI: 10.6060/ivkkt.20216409.6465.
15. **Готлиб Е.М., Ямалеева Е.С., Твердов И.М., Валева А.Р., Ха Т.Н.Ф.** Зола рисовой шелухи как наполнитель эпоксидных материалов. Актуальные проблемы науки о полимерах. Казань: Изд-во Казан. нац. исслед. технол. ун-та. 2020. 7 с.
16. **Готлиб Е.М., Ха Т.Н.Ф.** Получение синтетического wollastonite на основе рисовой шелухи. *Вестн. технол. ун-та.* 2019. Т. 22. № 7. С. 42-46.
17. **Готлиб, Е.М., Соколова А.Г., Кожевников Р.В., Ильичева Е.С.** Применение wollastonite в рецептуре ПВХ-композиций для изготовления линолеума. *Вестн. Казан. технол. ун-та.* 2014. Т. 17. № 19. С. 208-209.
18. **Арсланова Х.А., Голубчина М.Н., Искандерова А.Д.** Геологический словарь. Москва. Недра. 1978. 487 с.
19. **Tverdov I., Gotlib E., Phuong H.T.N., Sokolova A., Islamova G.** The impact of crystallite size of naturally occurring and synthetic wollastonite on its modifying effect in epoxy coatings. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. V. 869. P. 1-9. DOI: 10.1088/1757-899X/869/3/032007.
20. **Grunenfelder L.K., Nutt S.R.** Void formation in composite prepregs - Effect of dissolved moisture. *Composit. Sci. Technol.* 2010. V. 70. P. 2304-2309. DOI: 10.1016/j.compscitech.2010.09.009.
21. **Готлиб Е.М., Кожевников Р.В., Садыкова Д.Ф.** ПВХ-линолеум: классификация, способы производства, анализ рынка, рецептуры, свойства. Казань: Изд-во Каз. нац. исслед. технол. ун-та. 2015. 136 с.
22. **Садыкова Д.Ф., Ямалеева Е.С., Кожевников Р.В., Готлиб Е.М.** ПВХ медицинского назначения. Казань: Изд-во Каз.нац. иссл. технол. ун-та. 2017. 96 с.
13. **Pham T.K., Tran T.T.L., Pham T.L.T., Tran P.Q.N., Nguyen H.T., Mohd M.A.B.A.** A Novel Study on Using Vietnam Rice Husk Ash and Cullet as Environmental Materials. *MATEC Web of Conf.* 2017. P. 97. DOI: 10.1051/matec-conf/20179701118.
14. **Teptereva G.A., Pakhomov S.I., Chetvertneva I.A., Karimov E.Kh., Egorov M.P., Movsumzade E.M., Evstigneev E.I., Vasiliev A.V., Sevastyanova M V.V., Voloshin A.I., Nifantiev N.E., Nosov V.V., Dokichev V.A., Babaev E.R., Rogovina S.Z., Berlin A.A., Fakhreeva A.V., Baulin O.A., Kolchina G.Yu., Voronov M.S., Staroverov D.V., Kozlovsky I.A., Kozlovsky R.A., Tarasova N.P., Zanin A.A., Krivoborodov E.G., Karimov O.Kh., Flid V.R., Loginova M.E.** Renewable Natural Raw Materials. Structure, Properties, Application Prospects. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 9. P. 4-121. DOI: 10.6060/ivkkt.20216409.6465.
15. **Gotlib E.M., Yamaleeva E.S., Tverdov I.M., Valeeva A.R., Kha T.N.F.** Rice husk ash as a filler for epoxy materials. Actual problems of the science of polymers. Kazan: Izd-vo Kazan. nats. issled. tekhnol. un-ta. 2020. 7 p. (in Russian).
16. **Gotlib E.M., Kha T.N.F.** Obtaining synthetic wollastonite based on rice husk. *Vestn. Tekhnol. Univ.* 2019. V. 22. N 7. P. 42-46 (in Russian).
17. **Gotlib E.M., Sokolova A.G., Kozhevnikov R.V., Ilyicheva E.S.** The use of wollastonite in the formulation of PVC compositions for the manufacture of linoleum. *Vestn. Tekhnol. Univ.* 2014. V. 17. N 19. P. 208-209 (in Russian).
18. **Arslanova Kh.A., Golubchina M.N., Iskanderova A.D.** Geological Dictionary. Moscow. The bowels. 1978. 487 p. (in Russian).
19. **Tverdov I., Gotlib E., Phuong H.T.N., Sokolova A., Islamova G.** The impact of crystallite size of naturally occurring and synthetic wollastonite on its modifying effect in epoxy coatings. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. V. 869. P. 1-9. DOI: 10.1088/1757-899X/869/3/032007.
20. **Grunenfelder L.K., Nutt S.R.** Void formation in composite prepregs - Effect of dissolved moisture. *Composit. Sci. Technol.* 2010. V. 70. P. 2304-2309. DOI: 10.1016/j.compscitech.2010.09.009.
21. **Gotlib E.M., Kozhevnikov R.V., Sadykova D.F.** PVC-linoleum: classification, production methods, market analysis, recipes, properties. Kazan: Izd-vo Kazan. nats. issled. tekhnol. un-ta. 2015. 136 p. (in Russian).
22. **Sadykova D.F., Yamaleeva E.S., Kozhevnikov R.V., Gotlib E.M.** PVC for medical use. Kazan: Izd-vo Kazan. nats. issled. tekhnol. un-ta. 2017. 96 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 20.06.2022

Принята к опубликованию 31.10.2022

Received 20.06.2022

Accepted 31.10.2022