

7. Shashkina M.Ya., Shashkin P.N., Sergeev A.V. [Chaga, Chagovit, Chagalyux in therapeutic and preventive practice] M.: Edas. [Moscow: Edas] 2009. – 64 p. (In Russ.)
8. Safin R.G., Gubernatorov V.V., Safina A.V., Khuzeev M.V. [Review of modern research in the field of extraction of biologically active substances from birch fungus chaga for pharmaceutical and food industries] Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry] 2019. No. 3. pp. 93-103. (In Russ.)
9. Golovanchikov A.B., Gracheva N.V. [Basic laws of the process of extracting chaga in an electric field] Vestnik TSTU. 2011. No. 4. pp. 950-957. (In Russ.)
10. Rybalchenko A.S., Golitsyn V.P., Komarova L.F. [Investigation of licorice root extraction] Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials] 2002. – No. 4. – pp. 55-59. (In Russ.)
11. Galyavetdinov N.R., Voronin A.E. [Processing of woody greens with the subsequent obtaining of useful products] Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan Technological University] 2014. V. 17. No. 5. S. 138-140. (In Russ.)
12. Guskov A.A., Rodionov Yu.V., Anokhin S.A., Glivenkova O.A., Plotnikova S.V. [Technology of vacuum-pulse extraction of soluble substances from nettles and hops] Innovacionnaya tekhnika i tekhnologiya [Innovative equipment and technology] 2018. No. 2. pp. 23-27. (In Russ.)
13. Method of extracting materials: patent No. 2163827 Russian Federation. declared 98113349/12, 06.07.1998; publ. 10.03.2001. (In Russ.)
14. Safina A.V., Gubernatorov V.V., Garaev R.R., Razumov E.Yu. [Intensification of the process of aqueous extraction of chaga by periodically lowering the pressure of the medium] Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry] 2017. No. 2. pp. 50-53. (In Russ.)
15. Safin R.R., Mukhametzyanov S.R., Gubernatorov V.V. Water vacuum-oscillating extraction of chaga / In the Collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific-Practical Conference on Quality Management and Reliability of Technical Systems 2019. 2019. p. 012086. (In Russ.)
16. Teplyakov Yu.A., Rudobashta S.P., Nechaev V.M., Klimov A.M. [Calculation of the kinetics of extraction processes from solid materials with different structures] Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Tambov State Technical University] 2009. Vol. 15. No. 3. pp. 553-560. (In Russ.)
17. Safina A.V., Gubernatorov V.V., Safin R.R. [Determination of the duration of individual stages of water-vacuum extraction of inonotus obliquus] Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry] 2021. No. 3. pp. 41-48. (In Russ.)
18. Mitropolsky A.K. [Technique of statistical computing] // Moscow: Nauka, 1971. – 576 p. (In Russ.)

---

©Safina A.V. – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University (KNRTU), e-mail: alb\_saf@mail.ru; Gubernatorov V.V. - Senior lecturer of the Department of Architecture and Design of Wood Products, KNRTU, e-mail: Valera\_gub@mail.ru.

УДК 691.175

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЦЕЛЕЙ

Н.Р. Галяветдинов, Г.Ф. Илалова, К.В. Саерова, Я.Д. Погодина

*В настоящее время все более актуальным становится выращивание однолетних, а также многолетних растений с закрытой корневой системой, ввиду хорошей укореняемости посадочного материала. Для этих целей широко применяют пластиковые контейнеры, которые после пересадки растений обычно выбрасывается, создавая при этом экологическую нагрузку на окружающую среду. В то же время, существует технология применения одноразовых бумажных (картонных) контейнеров. Однако использование данных методов для выращивания растений также имеет недостатки, одним из которых является низкая прочность при воздействии на нее воды. Хорошей альтернативой вышеописанных видов контейнеров является контейнеры из биоразлагаемых материалов, которые лишены всех перечисленных недостатков. По этой причине в статье представлены исследования, направленные на получение биоразлагаемого композитного материала для контейнера на основе полигидроксibuтирата и лигнина.*

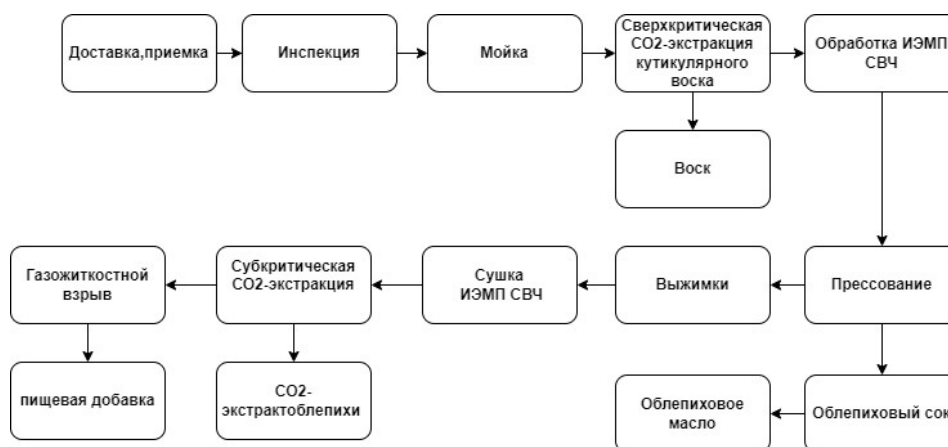


Рис. 2. Схема комплексной переработки плодов облепихи

На рисунке 3 представлена схема комплексной переработки основных частей облепихи, предложенная О.Я. Мезеновой и др., где ягоды отделяли от веток, а затем перерабатывали [38].

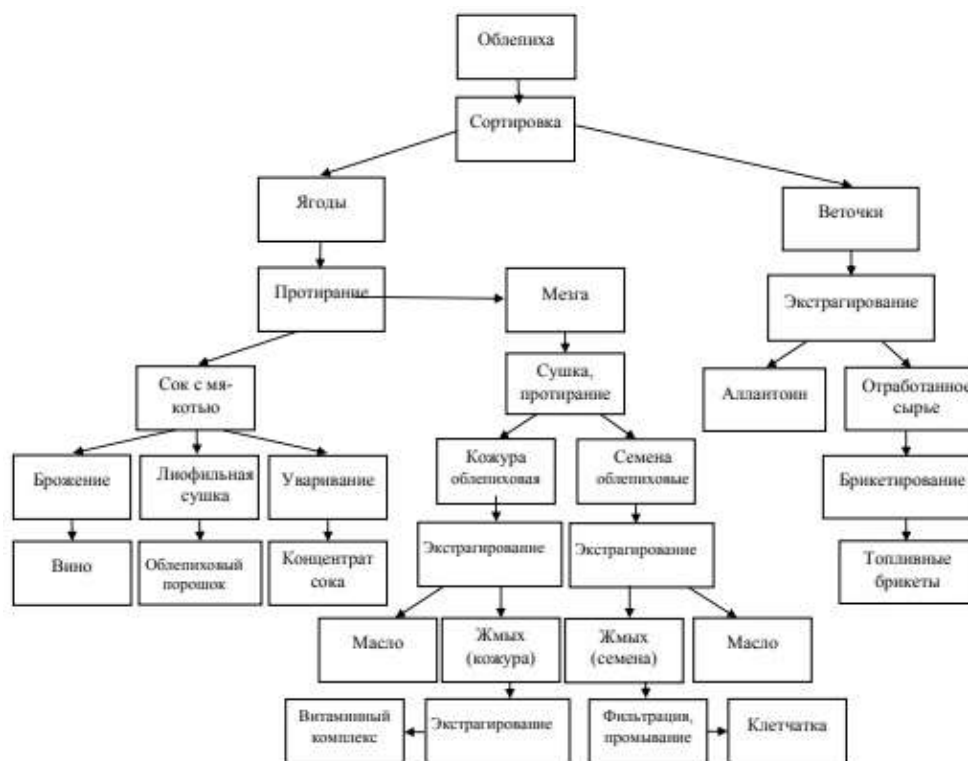


Рис. 3. Схема переработки основных частей облепихи

На рисунке 4 представлена схема комплексной переработки ягод облепихи, предложенная А.Н. Семиным и др., где рассматривается переработка только плодовой части облепихи, и обработка осуществляется СВЧ-полем. [39]

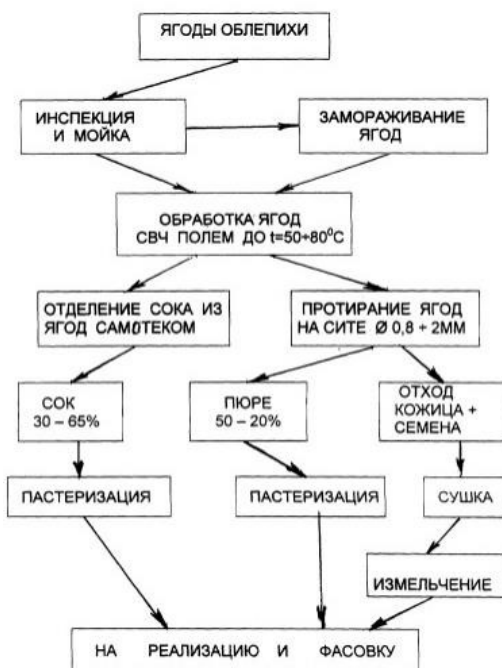


Рис. 4. Способ комплексной переработки ягод облепихи

На рисунке 5 представлена структурная схема комплексной переработки плодов облепихи, предложенная Т.В. Малаховой и др. [40].



Рис. 5. Структурная схема комплексной переработка плодов облепихи

В представленных выше схемах отсутствует рекомендуемое аппаратное оформление, поэтому затруднен выбор рациональной технологии комплексной переработки облепихи для конкретных отраслей промышленности.



Рис. 1. Общий вид смесителя Brabender «PLAsti-Corder® Lab-Station»

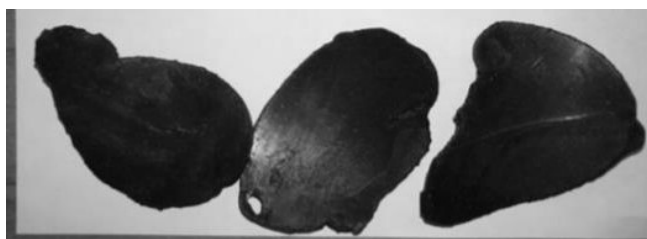
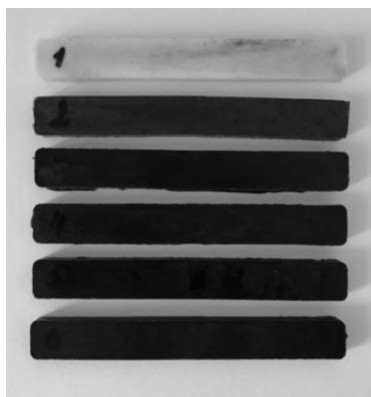


Рис. 2. Композитная масса на основе ПГБ и лигнина, полученная на смесителе Brabender

Физико-механические свойства композитного материала были исследованы на стандартных образцах в виде лопаток и брусков, полученных методом литья под давлением. Для получения образцов измельченный материал загружался в литьевую машину при температуре 160 °С и давлении впрыска 8 бар. Далее отбирались образцы, при визуальном осмотре имеющие гладкую поверхность без дефектов (рис. 3, рис. 4).



Рис. 3. Инжекционная литьевая машина для пробоподготовки



**Рис. 4.** Полученные на инъекционной литьевой машине образцы композитного материала в виде брусков ПГБ с различным содержанием лигнина

В результате были получены 7 образцов композитного материала с различной массовой концентрацией компонентов, представленной в таблице 1.

**Таблица 1 - Состав биоразлагаемого композитного материала**

№	Содержание	
	ПГБ, %	Наполнитель, %
1	100	0
2	80	20
3	70	30
4	60	40
5	50	50
6	40	60
7	30	70

Была проведена серия испытаний по определению физико-механических свойств композитного материала: определение плотности материала, определение твердости, определение прочности при растяжении, определение ударной вязкости.

Для определения плотности были использованы образцы композитного материала в виде брусков. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ Р 57713-2017, по методике которого образцы взвешивались на воздухе и в воде на микроаналитических весах ВМ-22. [22]

Исследование твердости материала является важной составляющей, так как она определяет способность материала оказывать сопротивление проникновению в него другого предмета. Экспериментальные исследования проводились согласно ГОСТ 24621-2015 на дюрометре Test Stand OS-300-2-00 [23]. В трех различных местах испытуемого образца производилось мгновенное измерение и измерение через 15 секунд, после чего высчитывалось среднее арифметическое значение.

Определение прочности при растяжении образцов композитного материала производилось в соответствии с ГОСТ 11262-2017 [24]. Испытуемые образцы в виде лопаток растягивались вдоль продольной оси на разрывной машине при комнатной температуре с постоянной скоростью деформирования 50 мм/мин до момента разрушения образца.

Испытания на определение ударной вязкости по Изоду проходили по методу, указанному в ГОСТ 19109-2017, в соответствии с которым образцы подвергались разрушению ударом маятника на определенном расстоянии от места закрепления [25].

### Результаты и обсуждение

В ходе проведения исследований был получен ряд графиков. Так как при 30%-ом содержании лигнина отлить образцы не удалось, поскольку содержание связующего полимера оказалось недостаточным для формирования образца и композитный материал крошился, то дальнейшие испытания с данным образцом не производились.

Результаты определения плотности в зависимости от содержания лигнина показаны на рисунке 5. Как показывает график, плотность образцов увеличивается с повышением содержания лигнина в композиционном материале, что объясняется большей плотностью наполнителя по сравнению с ПГБ.

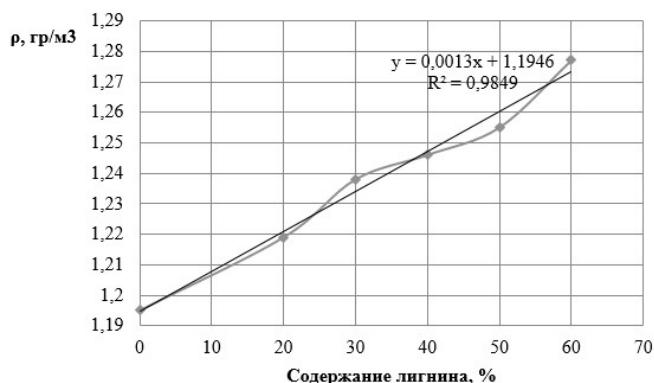


Рис. 5. Зависимость плотности композитного материала от содержания сухого гидролизного наполнителя

На рисунке 6 показаны результаты исследования образцов на твердость по Шору D. Для определения твердости были сделаны мгновенное измерение и измерение через 15 секунд после приложения нагрузки.

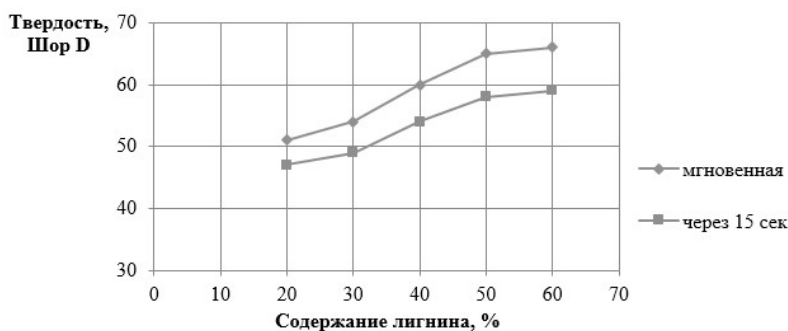


Рис. 6. Влияние содержания наполнителя на твердость по Шору D

Исходя из графика, можно сделать вывод, что твердость возрастает как при мгновенном измерении, так и при измерении спустя 15 секунд равномерно, с увеличением содержания наполнителя. Это связано с тем, что твердость лигнина выше, чем у ПГБ. При этом заметно, что при увеличении содержания лигнина в композитном материале от 20 до 40% наблюдается возрастание твердости на 30 %, в то время как при увеличении содержания лигнина от 50% до 60% изменения не столь значительны.

График влияния концентрации лигнина на предел прочности при растяжении показан на рисунке 7.

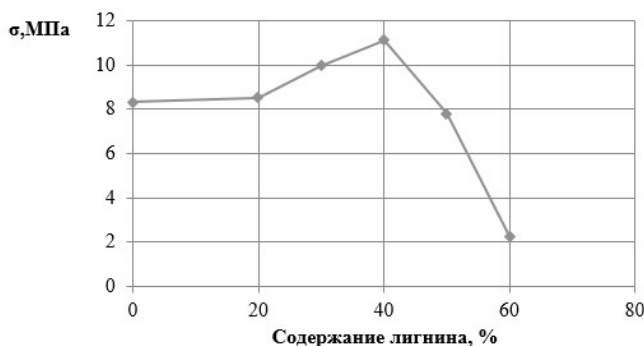


Рис. 7. Влияние содержания лигнина на предел прочности при растяжении

Испытания показали, что с увеличением концентрации лигнина происходит увеличение прочности до содержания наполнителя 40% с последующим значительным снижением, что связано с малым количеством связующей матрицы. Однако, при содержании наполнителя 50% прочность композитного материала практически сопоставима с прочностью чистого ПГБ.

На графике 8 приведены результаты исследований ударной вязкости по Шарпи. По графику наблюдается линейное уменьшение ударной вязкости при возрастании концентрации наполнителя.

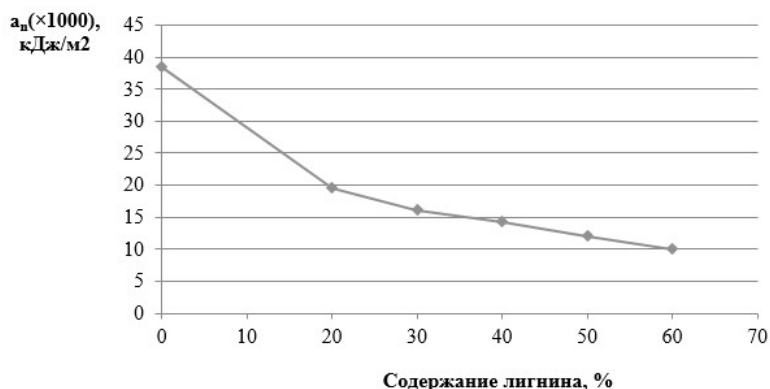


Рис. 8. Зависимость ударной вязкости композитного материала от содержания древесного наполнителя

### Заключение

В зависимости от срока использования содержание лигнина в композитном материале при производстве биоразлагаемого контейнера может составлять до 50 %, при этом оптимальным по физико-механическим характеристикам является 40 %-ое содержание древесного наполнителя. Поэтому для создания биоразлагаемого контейнера для выращивания медленнорастущих саженцев с закрытой корневой системой, растущих от 1 до 3 лет, а также для транспортирования его на дальние расстояния, наиболее оптимальным является использование композитного материала с 40%-ым содержанием гидролизованного наполнителя, так как для таких условий необходима более высокая прочность контейнера и более медленное его разложение. Для посадочных материалов - однолеток, выдержка которых с закрытой корневой системой составляет до 1 года, для создания биоразлагаемого контейнера рекомендуется использовать композит с содержанием наполнителя 50%, так как в анаэробных условиях он разлагается быстрее, а его прочностные характеристики незначительно ниже, чем значение чистого ПГБ.

### Благодарности

*Исследование выполнено с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» Казанского национального исследовательского технологического университета при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по договору № 075-15- 2021-699.*

### Литература

1. Wróblewska-Krepsztul J., Rydzkowski T., Borowski G., Szczypiński M., Klepka T., Kumar Thakur V. Recent progress in biodegradable polymers and nanocomposite-based packaging materials for sustainable environment // International Journal of Polymer Analysis and Characterization. - 2019. - С. 383-395.
2. Chan C.M., Vandi L.-J., Pratt S., Halley P., Richardson D., Werker A., Laycock B. Composites of Wood and Biodegradable Thermoplastics: A Review // Polymer Reviews. - 2017. - С. 444-494.
3. Pillai C. K. S. Recent advances in biodegradable polymeric materials // Materials Science and Technology. – 2013. - С. 558-566.
4. Ахунова Л.В., Гараева А.Ф. Исследование механических характеристик биоразлагаемого композита на основе древесного наполнителя // Деревообрабатывающая промышленность. - 2016. - № 2. - С. 41-45.
5. Galyavetdinov N.R., Talipova G.A., Safin R.R. Study of the destructive properties of biodegradable wood-filled composite material // Materials Science Forum. – 2020. - С. 290-295.
6. Galyavetdinov N.R., Safin R.R., Voronin A.E. Analysis of physico-mechanical properties of composites based on polylactide and thermally modified wood fibers // Materials Science Forum. - 2016. - Т. 870. - С. 202-206.

7. Safin R.R., Nazipova F.V., Ziatdinov R.R., Shaikhutdinova A.R., Beliakova E.A., Kainov P.A., Barcik S. The effect of ultrasonic extraction of soluble sugars from the wood filler on the strength properties of the composite based on mineral binder // *Key Engineering Materials*. - 2016. - Т. 688. - С. 138-144.
8. Галяветдинов Н.Р., Сафин Р.Р., Талипова Г.А., Петров В.И. Исследование физико-механических свойств древесно-наполненных композитов на основе полилактида с целью создания биоразлагаемых упаковок // *Деревообрабатывающая промышленность*. - 2018. - № 4. - С. 12-18.
9. Safin R.R., Talipova G.A., Galyavetdinov N.R., Nazipova F.V., Salimgaraeva R.V. The study of the destructive properties of wood-filled composites for the production of biodegradable packaging materials // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. - 2019. - № 19. - С. 541.
10. Hoshino A., Sawada H., Yokota M., Tsuji M., Fukuda K. and Kimura M. Influence of weather conditions and soil properties on degradation of biodegradable plastics in soil // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 2001. - pp. 35-43.
11. Demirel F., Germec M., Turhan I. Fermentable sugars production from wheat bran and rye bran: response surface model optimization of dilute sulfuric acid hydrolysis // *Environmental Technology*. - 2021.
12. Katrib F. Al, Chambat G., Joseleau J.P. Effect of Pretreatment of Poplar Wood Upon Enzymatic Saccharification // *Journal of Wood Chemistry and Technology*. – 1992. - pp. 355-366.
13. Suryawanshi S.S., Sarje S.S., Loni P.C., Bhujbal S., Kamble P.P. Bioconversion of Sugarcane Molasses into Bioplastic (Polyhydroxybutyrate) using *Bacillus cereus* 2156 under Statistically Optimized Culture Conditions // *Analytical Chemistry Letters*. – 2020. - pp. 80-92.
14. Сафин Р.Р., Илалова Г.Ф., Иглепова Ю.В., Сафина А.В., Петров В.И. Обзор зарубежных исследований в области переработки отходов однолетних сельскохозяйственных культур // *Деревообрабатывающая промышленность*. - 2018. - № 4. - С. 53-60.
15. Илалова Г.Ф., Иглепова Ю.В., Илалова А.Ф., Шагеева А.И., Мухтарова А.Р. Исследование обработки однолетних сельскохозяйственных растений для получения биоугля // В сборнике: «Наука молодых - будущее России» сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 6 томах. - 2018. - С. 285-288.
16. Safin R.R., Nazipova F.V., Mukhametzyanov Sh.R., Voronin A.E. Pre-treatment of vegetable waste in the production of composite materials // *Key Engineering Materials*. - 2017, pp. - 53-57.
17. Прокопьев А.А., Салимгараева Р.В., Сафин Р.Р. Обзор современных исследований в области ацетилирования древесины // *Деревообрабатывающая промышленность*. - 2022. - №2. - С.106-114.
18. Safin R.R., Voronin A.E., Shaikhutdinova A.R., Nazipova F.V., Kainov P.A. Method of rational use of waste of timber industries // 15th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM. – 2015. - pp. 699–706.
19. Илалова Г.Ф., Саерова К.В., Сафин Р.Р., Мухаметзянов Ш.Р., Сафиуллина А.Х. Исследование высокотемпературного гидролиза соснового опила сернистой кислотой с целью увеличения выхода редуцирующих веществ // *Деревообрабатывающая промышленность*. - 2020. - № 3. - С. 71-80.
20. Ilalova G., Safin R., Mukhametzyanov S., Gazizullina A. Hydrolysis as a basis for processing vegetable waste into bioplastics // *Energy Systems Environmental Impacts.- ESEI 2020. - E3S Web of Conferences*. - p. 03009.
21. Safin R., Galyavetdinov N., Salimgaraeva R., Ilalova G., Saerova K. Use of filled bioplastics in construction // 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering. - STCCE – 2021. - E3S Web of Conferences. - p. 4013.
22. ГОСТ Р 57713-2017 Композиты полимерные. Методы определения плотности и относительной плотности по вытесненному объему жидкости. –М.: Стандартинформ. - 2017. – 15с.
23. ГОСТ 24621-2015 Пластмассы и эбонит. Определение твердости при вдавливании с помощью дюрометра (твердость по Шору). –М.: Стандартинформ - 2016. – 11с.
24. ГОСТ 11262-2017 Пластмассы. Метод испытания на растяжение. –М.: Стандартинформ. - 2018. – 20с.
25. ГОСТ 4647-2015 Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи. – М.: Стандартинформ. - 2017.

---

©Галяветдинов Н.Р. – канд. техн. наук, доцент кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»), e-mail: pour777@mail.ru; Илалова Г.Ф. – аспирант кафедры «Архитектура и дизайн изделий из древесины», ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: achtung.guzik@mail.ru; Саерова К.В. – аспирант кафедры архитектуры и дизайна изделий из



древесины, ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: senya97@inbox.ru; **Погодина Я.Д.** – магистрант кафедры архитектуры и дизайна изделий из древесины, ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: pogodinayana2000@mail.ru.

UDC 691.175

## TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF BIODEGRADABLE COMPOSITES FOR AGRICULTURAL PURPOSES

**N.R. Galyavetdinov, G.F. Ilalova, K.V. Saerova, Ya.D. Pogodina**

*At present, the cultivation of annuals, as well as perennials with a closed root system, is becoming more and more relevant, due to the good rooting of planting material. For these purposes, plastic containers are widely used, which, after transplanting plants, are usually thrown away, creating an environmental burden on the environment. At the same time, there is a technology for using disposable paper (cardboard) containers. However, the use of these methods for growing plants also has disadvantages, one of which is its low strength when exposed to water. A good alternative to the types of containers described above are containers made of biodegradable materials, which do not have all of the above disadvantages. For this reason, the article presents research aimed at the technology of creating a biodegradable composite material for a container based on polyhydroxybutyrate and lignin.*

*The article describes the technology for obtaining biodegradable composites, presents the results of studies to determine the density of the material, hardness, tensile strength and impact strength. As a result of the analysis of the results obtained, it was concluded that the optimal content of wood filler for creating a biodegradable container is 40% -50%. Since in this range the composite material has the highest physical and mechanical characteristics.*

**Keywords:** *biodegradable composite, polyhydroxybutyrate (PHB), closed root system, planting material, forest growing technology.*

### References

1. Wróblewska-Krepsztul J., Rydzkowski T., Borowski G., Szczypiński M., Klepka T., Kumar Thakur V. Recent progress in biodegradable polymers and nanocomposite-based packaging materials for sustainable environment // International Journal of Polymer Analysis and Characterization. - 2019. - pp. 383-395.
2. Chan C.M., Vandi L.-J., Pratt S., Halley P., Richardson D., Werker A., Laycock B. Composites of Wood and Biodegradable Thermoplastics: A Review // Polymer Reviews. - 2017. - pp. 444-494.
3. Pillai C. K. S. Recent advances in biodegradable polymeric materials // Materials Science and Technology. – 2013. - pp. 558-566.
4. Akhunova L.V., Garaeva A.F. [Study of mechanical characteristics of a biodegradable composite based on wood filler] // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry]. - 2016. - № 2. - pp. 41-45. (InRuss.)
5. Galyavetdinov N.R., Talipova G.A., Safin R.R. Study of the destructive properties of biodegradable wood-filled composite material // Materials Science Forum. – 2020. - pp. 290-295.
6. Galyavetdinov N.R., Safin R.R., Voronin A.E. Analysis of physico-mechanical properties of composites based on polylactide and thermally modified wood fibers // Materials Science Forum. - 2016. - V. 870. - pp. 202-206.
7. Safin R.R., Nazipova F.V., Ziatdinov R.R., Shaikhutdinova A.R., Beliakova E.A., Kainov P.A., Barcik S. The effect of ultrasonic extraction of soluble sugars from the wood filler on the strength properties of the composite based on mineral binder // Key Engineering Materials. - 2016. - V. 688. - pp. 138-144.
8. Galyavetdinov N.R., Safin R.R., Talipova G.A., Petrov V.I. [Study of the physical and mechanical properties of wood-filled composites based on polylactide in order to create biodegradable packaging] // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry]. - 2018. - № 4. - pp. 12-18. (InRuss.)
9. Safin R.R., Talipova G.A., Galyavetdinov N.R., Nazipova F.V., Salimgaraeva R.V. The study of the destructive properties of wood-filled composites for the production of biodegradable packaging materials // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. - 2019. - № 19. - pp. 541.

10. Hoshino A., Sawada H., Yokota M., Tsuji M., Fukuda K. and Kimura M. Influence of weather conditions and soil properties on degradation of biodegradable plastics in soil // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 2001. – pp. 35-43.
11. Demirel F., Germec M., Turhan I. Fermentable sugars production from wheat bran and rye bran: response surface model optimization of dilute sulfuric acid hydrolysis // *Environmental Technology*. - 2021.
12. Katrib F. Al, Chambat G., Joseleau J.P. Effect of Pretreatment of Poplar Wood Upon Enzymatic Saccharification // *Journal of Wood Chemistry and Technology*. – 1992. – pp. 355-366.
13. Suryawanshi S.S., Sarje S.S., Loni P.C., Bhujbal S., Kamble P.P. Bioconversion of Sugarcane Molasses into Bioplastic (Polyhydroxybutyrate) using *Bacillus cereus* 2156 under Statistically Optimized Culture Conditions // *Analytical Chemistry Letters*. – 2020. – pp. 80-92.
14. Safin R.R., Ilalova G.F., Iglepova Yu.V., Safina A.V., Petrov V.I. [Review of foreign research in the field of waste processing of annual agricultural crops] // *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry]*. - 2018. - № 4. - pp. 53-60. (InRuss.)
15. Ilalova G.F., Iglepova Yu.V., Ilalova A.F., Shageeva A.I., Mukhtarova A.R. [Research on the processing of annual agricultural plants for biochar production] // V sbornike: «Nauka molodyh - budushchee Rossii» sbornik nauchnyh statej 3-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii perspektivnyh razrabotok molodyh uchenyh: v 6 tomah [In the collection: "Science of the young - the future of Russia" collection of scientific articles of the 3rd International scientific conference of promising developments of young scientists: in 6 volumes]. - 2018. - pp. 285-288. (InRuss.)
16. Safin R.R., Nazipova F.V., Mukhametzyanov Sh.R., Voronin A.E. Pre-treatment of vegetable waste in the production of composite materials // *Key Engineering Materials*. - 2017, pp. - 53-57.
17. Prokop'ev A.A., Salimgaraeva R.V., Safin R.R. [Review of modern research in the field of wood acetylation] // *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry]*. - 2022. - №2. - pp. 106-114.
18. Safin R.R., Voronin A.E., Shaikhutdinova A.R., Nazipova F.V., Kaynov P.A. Method of rational use of waste of timber industries // 15th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM. – 2015. – pp. 699–706.
19. Ilalova G.F., Saerova K.V., Safin R.R., Mukhametzyanov Sh.R., Safiullina A.Kh. [Study of high-temperature hydrolysis of pine sawdust with sulfuric acid in order to increase the yield of reducing substances] // *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry]*. - 2020. - № 3. - pp. 71-80. (InRuss.)
20. Ilalova G., Safin R., Mukhametzyanov S., Gazizullina A. Hydrolysis as a basis for processing vegetable waste into bioplastics // *Energy Systems Environmental Impacts.- ESEI 2020. - E3S Web of Conferences*. - p. 03009.
21. Safin R., Galyavetdinov N., Salimgaraeva R., Ilalova G., Saerova K. Use of filled bioplastics in construction // 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering. - STCCE – 2021. - E3S Web of Conferences. - p. 4013.
22. GOST P 57713-2017 [Polymer composites. Methods for determining density and relative density from the displaced volume of liquid]. –M.: Standartinform [Standartinform]. - 2017. – P. 15.
23. GOST 24621-2015 [Plastics and ebonite. Determination of indentation hardness with a durometer (Shore hardness)]. – M.: Standartinform [Standartinform]. - 2016. – P. 11.
24. GOST 11262-2017 [Plastics. Tensile test method]. – M.: Standartinform [Standartinform]. - 2018. – P. 20.
25. GOST 4647-2015 [Plastics. Charpy impact strength method]. – M.: Standartinform [Standartinform]. - 2017.

© **Galyavetdinov N.R.** – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University (KNRTU), e-mail: [nour777@mail.ru](mailto:nour777@mail.ru); **Ilalova G.F.** – Post-graduate student of the Department of Architecture and Design of Wood Products, KNRTU, e-mail: [achtung.guzik@mail.ru](mailto:achtung.guzik@mail.ru); **Saerova K.V.** – postgraduate student of the Department of Architecture and Design of Wood Products, KNRTU, e-mail: [senya97@inbox.ru](mailto:senya97@inbox.ru); **Pogodina Ya.D.** – student of the Department of Architecture and Design of Wood Products, KNRTU, e-mail: [pogodinayana2000@mail.ru](mailto:pogodinayana2000@mail.ru).