Обзорная статья

2.6.17 – Материаловедение (технические науки)

УДК 678

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.029 [ EDN: TYORTX](https://elibrary.ru/TYORTX)

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ**

**ДРЕВЕСИНЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ**

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛИТНОГО МАТЕРИАЛА**

**Ольга Сергеевна Беушева 1, Наталья Владимировна Коренева 2,**

**Александр Анатольевич Беушев 3**

1, 2, 3 Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

1 baa7@list.ru

2 baa7@list.ru

3 baa7@list.ru, https://orcid.org/0000-0003-0233-3805

***Аннотация:*** *Сегодня ни одно, даже самое крупное, предприятие в области деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленности не использует древесину на 100 %. Отходы в виде щепы, опилок, стружки, спилов представляют собой ценный сырьевой ресурс, который можно применять для дальнейшего использования. Проблема комплексной переработки древесины в деревообрабатывающей промышленности существует с момента развития этой отрасли и остро обозначена в наше время. В статье мы предлагаем один из способов решения данной проблемы. Рассмотрена возможность получения плитного материала, изготовленного из отходов различных пород древесины. Показано влияние структуры хвойных и лиственных пород дерева на эксплуатационные показатели плитного материала. Изучено влияние давления прессования на примере самой мягкой породы дерева - тополя.*

***Ключевые слова:*** *древесина, гидротермическая обработка, плитный материал, хвойная и лиственная порода.*

***Благодарности:*** *Работа выполнена при поддержке гранта Минобрнауки России на создание и развитие инжинирингового центра в рамках реализации федерального проекта «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров» национального проекта «Наука и университеты».*

***Для цитирования:*** Беушева О. С., Коренева Н. В., Беушев А. А. Изучение влияния морфологической структуры древесины на эксплуатационные характеристики плитного материала // Ползуновский вестник. № 3, 2022. С. 216 – 221. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.029. EDN: https://elibrary.ru/tyortx.

Original article

**STUDY OF THE INFLUENCE OF MORPHOLOGICAL STRUCTURE**

**WOOD FOR OPERATIONAL**

**CHARACTERISTICS OF THE SLAB MATERIAL**

**Olga S. Beusheva 1, Natalia V. Koreneva 2,**

**Alexander A. Beushev 3**

1, 2, 3 Polzunov Altai State Тechnical University, Barnaul, Russia

1 baa7@list.ru

2 baa7@list.ru

3 baa7@list.ru, https://orcid.org/0000-0003-0233-3805

***Abstract:*** *Today, not a single, even the largest, enterprise in the field of woodworking and logging industry uses 100 % wood. Waste in the form of chips, sawdust, shavings, cuts are a valuable raw material resource that can be used for further use. The problem of complex processing of wood in the woodworking industry has existed since the development of this industry and is acutely marked in our time. In the article we propose one of the ways to solve this problem. The possibility of obtaining a slab material made from waste of various types of wood is considered. The influence of the structure of coniferous and deciduous wood species on the performance of the slab material is shown. The influence of pressing pressure is studied on the example of the softest wood species - poplar.*

***Keywords:*** *wood, hydrothermal treatment, slab material, coniferous and deciduous species.*

***Acknowledgements:*** *The research was carried out with the support of a grant from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the creation and development of an engineering center within the framework of the federal project "Development of infrastructure for Research and Training" of the national project "Science and Universities".*

***\_\_\_\_\_\_\_*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

***For citation:***Beusheva, O. S., Koreneva N. V., Beushev A. A. (2022). Study of the influence of morphological structure wood for operational characteristics of the slab material. *Polzunovskiy vеstnik,* (3), 216-221. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.029.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время развитие технологий ресурсосбережения одна из актуальных задач в любой отрасли промышленности. Особо остро она стоит перед деревообрабатывающими производствами, которые нуждаются в рациональном использовании материалов. Большая часть деревообрабатывающих заводов после окончания реализации производства оставляет до 40 % неиспользуемого сырья.

В крупных городах представляет проблему утилизация древесных отходов, образующихся при санитарной рубке деревьев в процессе ухода за насаждениями на улицах, скверах, парках.

В нашей работе мы рассматриваем возможность решения проблемы утилизации отходов древесины путем получения плитных материалов из различных видов отходов, независимо от породы дерева.

**ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

В качестве исходного объекта для исследований были использованы опилки древесины лиственных и хвойных пород: тополя, дуба, лиственницы, ели. Исходный материал предварительно активировали путем обработки опилок водяным паром под давлением.

Предварительная активация исходной древесины необходима, во-первых, для лучшего и глубокого заполнения пустых каналов древесины водой, что способствует увеличению скорости нагрева. Во-вторых, в процессе активации древесина набухает, становится более рыхлой по своей структуре, что позволяет пару проникнуть более глубоко и равномерно обработать весь исходный материал [1].

Древесина лиственных и хвойных пород отличается по своей морфологической структуре. А, следовательно, и активация исходного материала, в зависимости от породы дерева, будет протекать по-разному. Так в древесине лиственных пород намного больше различных сосудов и каналов, которые обеспечивают более глубокий и однородный доступ воды по всему объему исходного материала. В древесине хвойных пород присутствуют, так называемые, смоляные ходы, которые наоборот препятствуют проникновению воды [2].

Химический состав исходного материала представлен в таблице 1.

Исходный материал в виде опилок и щепы древесины лиственница, ели, тополя и дуба подвергался гидротермическому воздействию в течение 10 минут. Температура обработки 220 0С [3].

В результате гидротермической обработки исходная древесина разрушается до отдельных волокон, представляя собой более темный по цвету продукт, по сравнению с исходной древесиной. Из высушенного при комнатной температуре продукта изготавливались плитные материалы путем горячего прессования.

Таблица 1 – Химический состав исходной древесины

Table 1 – Chemical composition of the source wood

|  |  |
| --- | --- |
| Наименованиепородыдревесины | Состав исходной древесины, % |
| Целлюлоза | Лигнин | Легкогидролизуемые полисахариды |
| Лиственница  | 46,6 | 30,5 | 22,9 |
| Ель | 53,0 | 31,9 | 15,1 |
| Тополь | 52,1 | 23,8 | 24,1 |
| Дуб | 49,7 | 25,1 | 25,2 |

В таблице 2 представлен химический состав древесин разных пород после гидротермической обработки.

При анализе таблицы вопрос вызывает большое количество целлюлозы и низкое количество лигнина в древесине ели, тополя и дуба по сравнению с древесиной лиственницы. Для ответа на этот вопрос были сделаны ИК–спектры целлюлозы всех представленных пород древесины. В работе представлен ИК-спектр целлюлозы тополя (рисунок 1). На нем хорошо просматриваются пики в области поглощения ароматических соединений. Можно предположить, что в процессе гидротермической обработки лигнин конденсируется с целлюлозой и при анализе пресс–массы на содержание целлюлозы определяется вместе с ней. Это в свою очередь и отражается на увеличенном выходе целлюлозы ели, тополя и дуба [4, 5, 6].

Таблица 2 – Химический состав различных пород после гидротермической обработки

Table 2 – Chemical composition of various rocks after hydrothermal treatment

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование породыдревесины | Химический состав обработанной древесины, % |
| Целлюлоза | Лигнин | Легко –гидролизуемые полисахариды | Редуцирующие вещества после обработки |
| Лиственница  | 45,3 | 36,6 | 2,7 | 15,4 |
| Ель | 63,2 | 19,1 | 3,1 | 14,6 |
| Тополь | 61,9 | 15,2 | 4,2 | 18,7 |
| Дуб | 64,7 | 15,0 | 4,3 | 16,0 |



Рисунок 1 – ИК–спектр целлюлозы, полученной из гидротермически обработанной древесины тополя

Figure 1 – IR spectrum of cellulose obtained from hydrothermically treated poplar wood

Плитный материал, полученный из гидротермически обработанной древесины лиственницы, ели, тополя и дуба, исследовали на важнейшие эксплуатационные характеристики: плотность, прочность, набухание, водопоглощение. Результаты представлены в таблице 3. Из таблицы видно, что по прочностным показателям плитные материалы, изготовленные на основе древесины тополя, значительно уступают.

Известно, что прочность плитного материала зависит от количества связующих веществ, которые образуются в процессе гидротермической обработки древесины. В таблице 2 они обозначены как редуцирующие вещества. По результатам исследований можно было спрогнозировать наиболее высокие прочностные показатели у плитного материала, изготовленного из древесины тополя, так как количество редуцирующих веществ в ее составе наибольшее и составляет 18,7 % [7].

Процесс изготовления всех плитных материалов протекал при температуре 140 0С и давлении равном 5,2 МПа. Поэтому влияние технологических параметров во время прессования мы исключаем. Низкую прочность плит, изготовленных из древесины тополя мы связываем с его морфологическим строением. Древесина лиственных и хвойных пород отличается по своему строению. Морфологическая структура древесины хвойных пород более упорядочена по сравнению с древесиной лиственных пород. В составе древесины лиственных пород присутствуют такие элементы как сосуды и каналы. Их наличие увеличивает свободный объем, что также может повлиять на прочностные показатели плитных материалов. Низкую прочность материала, изготовленного из древесины тополя можно объяснить его низкой исходной плотностью, которая составляет всего 430 кг/м3. Так как плотность прямопропорционально связана с прочностью, то и плитные материалы закономерно имеют низкую прочность. Плитные материалы, полученные из древесины дуба с плотностью 640 кг/м3, не уступают по прочности плитам, изготовленным из древесины хвойных пород. Для подтверждения наших выводов мы увеличили давление в процессе прессования плитных материалов на основе древесины тополя (таблица 4) [8, 9, 10].

Таблица 3 – Эксплуатационные характеристики плитных материалов, полученных из гидротермически обработанной древесины

Table 3 – Performance characteristics of composite materials obtained from hydrothermically treated wood

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование породы дерева | Прочность при изгибе, МПа | Плотность, кг/м3 | Набухание, %  | Водопоглощение, % | Плотность исходной древесины, кг/м3  |
| Лиственница  | 32,3 | 1339 | 4 | 5 | 630 |
| Ель | 30,2 | 1387 | 6 | 7 | 470 |
| Тополь | 16,9 | 1045 | 17 | 19 | 430 |
| Дуб | 31,5 | 1412 | 6 | 8 | 640 |

Таблица 4 – Влияние давления прессования на физико-механические характеристики плитных материалов, полученных из гидротермически обработанной древесины тополя

Table 4 – Effect of pressing pressure on the physical and mechanical characteristics of slab materials obtained from hydrothermically treated poplar wood

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Давление прессования, МПа | Прочность при изгибе, МПа | Плотность,кг/м3 |
| 5,2 | 16,9 | 1045 |
| 6,5 | 32,5 | 1451 |
| 7,8 | 35,9 | 1463 |

Из таблицы 4 видно, что прочностные показатели плитного материала значительно возрастают при увеличении давления в процессе горячего прессования. При воздействии на материал большим давлением, уменьшается его свободный объем и как следствие увеличивается плотность.

На эксплуатационные характеристики плит влияет и размер исходного сырья. Исследования проводились на примере древесины лиственницы (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние размера исходного сырья на эксплуатационные характеристики плит

Table 5 – The effect of the size of the feedstock on the performance characteristics of the plates

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Размер исходного сырья | Прочность при изгибе, МПа | Плотность, кг/м3 | Набухание, % | Водопоглощение, % |
| Щепа  | 41,0 | 1247 | 6 | 7 |
| Стружка  | 34,7 | 1312 | 4 | 5 |
| Фракция  | 32,3 | 1339 | 4 | 5 |

Из таблицы 5 видно, что при уменьшении длины волокон прочность плитных материалов также уменьшается, несмотря на то, что их плотность возрастает. Целлюлоза (волокна) является армирующим материалом в композитах. Их прочность во многом будет определяться силой адгезии между волокнами. Как известно, адгезия будет тем выше, чем больше площадь соприкосновения между волокнами, а соответственно, чем больше размер самих волокон.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для увеличения эффективности гидротермической обработки древесины необходима предварительная пропитка водой, а это значит, что степень пропитки будет зависеть от морфологии древесины. Чем выше плотность исходной древесины, тем ниже качество пропитки. Для достижения максимальных результатов пропитки необходимо ее увеличение.

В результате проведенных исследований установлено, что

- плитные материалы из древесины хвойных пород имеют более высокие прочностные свойства;

- из древесины лиственных пород дуб обладает наилучшими прочностными показателями;

- гидрофобные свойства не зависят от породы древесины, а определяются плотностью плитных материалов.

- с увеличением давления прессования эксплуатационные показатели плитных материалов на основе активированной древесины тополя возрастают;

- с уменьшением размера исходного сырья прочность снижается, а гидрофобные показатели увеличиваются.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Высокотемпературный автогидролиз древесины. / А.Г. Полманис, Д.А. Калейне, П.П. Эриньш // Химия древесины. 1990. № 3. C.123 - 127.

2. Пен Р.З. Технология древесной массы: учеб. пособие для вузов. Красноярск : КГТА, 1997. 220 с.

3. Беушева О.С., Мусько Н.П., Чемерис М.М. Влияние параметров взрывного автогидролиза на физико-механические показатели плитных материалов на основе древесины лиственницы / // Известия высших учебных заведений. Строительство, № 5, 2006. С.31 – 34.

4. Биокомпозитная структура клеточных оболочек древесины и её разрушение взрывным автогидролизом / Я.А. Гравитис, Р.Э. Тээяэр, У.Л. Каллавус, Б.А. Андерсонс В.Г. Озоль-Калнин, А.Г. Кокоревич, П.П. Эриньш, Г.П. Веверис // Механика композитных материалов. 1986. № 6. C.1039-1042.

5. Домбург Г.Э., Шарапова Т.Е. Исследования компонентов древесины в процессе ее термической обработки. // Химия древесины. 1984. № 1. С. 77 – 82.

6. Казицина Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ, ИК, ЯМР и масс-спектроскопии в органической химии. // М.: Изд-во Московского университета. 1979. 240 с.

7. Беушева О.С., Мусько Н.П., Чемерис М.М. Роль легкогидролизуемых полисахаридов древесины лиственницы в процессе изготовления плитных материалов // Журнал прикладной химии. 2006. Т. 79. Вып. 2. С.340 – 342.

8. Беушева О.С., Мусько Н.П., Чемерис М.М. Влияние условий прессования на свойства плитных материалов изготовленных из гидротермически обработанной древесины лиственницы // Известия высших учебных заведений. Строительство, № 5, 2006. С.48 – 51.

9. Беушева О.С., Мусько Н.П., Чемерис М.М. Влияние активации компонентов древесины на свойства плитных материалов // Химия, химическая технология и биотехнология на рубеже тысячелетий: материалы IV Международной научной конференции. Томск: изд-во ТПУ, 2006, Т 1. С.198 – 200.

10. Никитин В.М. О роли гемицеллюлоз в процессе сульфитной делигнификации древесины // Химия древесины. 1971. № 8. C.79-81.

***Информация об авторах***

*О. С. Беушева – к.т.н., доцент кафедры «Химическая технология» Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.*

*Н. В. Коренева – к.х.н., старший преподаватель кафедры «Химическая технология» Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.*

*А. А. Беушев – к.х.н., доцент кафедры «Химическая технология» Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.*

**REFERENCES**

1. Polmanis, A.G., Kalejne, D.A. & Erin'sh, P.P. (1990). Vysokotemperaturnyj avtogidroliz drevesiny. *Himiya drevesiny.* (3), 123 - 127. (In Russ.).

2. Pen, R.Z. (1997). *Tekhnologiya drevesnoj massy: ucheb. posobie dlya vuzov*. Krasnoyarsk : KGTA. (In Russ.).

3. Beusheva,O.S., Mus'ko, N.P. & CHemeris M.M. (2006). Vliyanie parametrov vzryvnogo avtogidroliza na fiziko-mekhanicheskie pokazateli plitnyh mate-rialov na osnove drevesiny listvennicy. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*, (5), 31 – 34. (In Russ.).

4. Gravitis, YA.A., Teeyaer, R.E., Kallavus, U.L., Andersons, B.A., Ozol'Kalnin, V.G., Kokorevich, A.G., Erin'sh, P.P. & Veveris, G.P. (1986). Biokompozitnaya struktura kletochnyh obolochek drevesiny i eyo razrushenie vzryvnym avtogidrolizom. *Mekhanika kompozitnyh materialov*. (6). 1039-1042. (In Russ.).

5. Domburg, G.E. & Sharapova, T.E. (1984). Issledovaniya komponentov drevesiny v processe ee termiche-skoj obrabotki. *Himiya drevesiny*. (1). 77 – 82. (In Russ.).

6. Kazicina. L.A. & Kupletskaya, N.B. (1979). Primenenie UF, IK, YAMR i mass-spektroskopii v organicheskoj himii. M.: Izd-vo Moskovskogo universi-teta. (In Russ.).

7. Beusheva, O.S., Mus'ko, N.P. & CHemeris, M.M. (2006). Rol' legkogidrolizuemyh polisaharidov dreve-siny listvennicy v processe izgotovleniya plitnyh materialov. *ZHurnal prikladnoj himii*. 79(2).340 – 342. (In Russ.).

8. Beusheva, O.S., Mus'ko, N.P. & CHemeris, M.M. (2006). Vliyanie uslovij pressovaniya na svojstva plitnyh materialov izgotovlennyh iz gidrotermicheski obrabotannoj drevesiny listvennicy. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*, (5), 48 – 51. (In Russ.).

9. Beusheva, O.S., Mus'ko, N.P. & CHemeris, M.M. (2006). Vliyanie aktivacii komponentov drevesiny na svojstva plitnyh materialov. *Himiya, himiche-skaya tekhnologiya i biotekhnologiya na rubezhe tysyacheletij: materialy IV Mezhdunarodnoj nauch-noj konferencii.* Tomsk: izd-vo TPU, (1), 198 – 200. (In Russ.).

10. Nikitin, V.M. (1971). O roli gemicellyuloz v processe sul'fitnoj delignifikacii drevesiny. *Himiya drevesiny*. (8). 79-81. (In Russ.).

***Information about the authors***

*O. S. Beusheva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology of the Polzunov Altai State Тechnical University.*

*N. V. Koreneva - Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Chemical Technology of the Polzunov Altai State Тechnical University.*

*A. A. Beushev – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of "Chemical Technology" of the Polzunov Altai State Тechnical University.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

*Статья поступила в редакцию 14.06.2022; одобрена после рецензирования 25.07.2022; принята к публикации 15.08.2022.*

*The article was received by the editorial board on 14 June 2022 approved after editing on 25 July 2022; accepted for publication on 15 Aug 2022.*