



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.817

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.148

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПЛИТ МАЛОЙ ПЛОТНОСТИ ИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ МЯГКИХ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

*В.Н. Ермолин, д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [X-9597-2019](#),
ORCID: [0000-0002-2113-4142](#)*

*М.А. Баяндин, канд. техн. наук, доц.; ResearcherID: [S-1990-2019](#),
ORCID: [0000-0002-6228-2715](#)*

*С.Н. Казизин, канд. техн. наук; ResearcherID: [W-8224-2019](#),
ORCID: [0000-0003-4220-5488](#)*

А.В. Намятов, ассистент; ORCID: [0000-0002-5568-8725](#)

Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева, просп. имени газеты «Красноярский рабочий», д. 31, г. Красноярск, Россия, 660031; e-mail: vnermolin@yandex.ru, mihailbayandin@yandex.ru, sergeikaz060890@yandex.ru, namyatov2010@yandex.ru

Древесные плиты находят широкое применение во многих областях, особенно в домостроении. В последние 20 лет активно проводятся исследования в области получения древесных плит малой плотности. В статье приводятся результаты работ по изучению влияния гидродинамической обработки древесных частиц (опилок) на их физические свойства и геометрические характеристики в целях выяснения механизма аутогезионного взаимодействия в процессе формирования плитных материалов малой плотности без использования связующих веществ. Обработка частиц проводилась в гидродинамическом диспергаторе роторно-пульсационного типа. Для оценки степени обработки использовался показатель водоудерживающей способности. Для контроля за величиной фибриллирования древесных частиц и увеличением доступных межфазных поверхностей в результате обработки применены метод определения адсорбции воды древесиной и растровая электронная микроскопия. Для сохранения капиллярной структуры гидродинамически обработанной древесной массы ее замораживали при температуре $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, после чего подвергали лиофильной сушке. Построены изотермы сорбции исходных опилок, опилок, обработанных в гидродинамическом диспергаторе и лиофильно высушенных, а также полученных древесных плит малой плотности. Установлено, что изотермы сорбции гидродинамически обработанных и лиофильно высушенных древесных частиц существенно отличаются от изотерм исходных опилок и готовых плит. Проведенные расчеты по методу Брунауэра, Эммета, Тейлора показали, что удельная поверхность обработанных и лиофильно высушенных древесных частиц составляет около $350\text{ м}^2/\text{г}$ абс. сухой массы, исходных опилок и полученных плит – примерно $130\text{ м}^2/\text{г}$ абс. сухой массы. Это говорит о том, что гидродинамическая обработка позволяет существенно повысить фибриллирование древесных частиц, тем самым увеличить площадь доступных межфазных поверхностей, что создает условия для аутогезионного взаимодействия между частицами, в результате чего формируется структура плит без использования связующих веществ. Методом растровой электронной микроскопии изучена динамика изменения геометрических харак-

теристик древесных частиц в процессе гидродинамической обработки, установлено, что при этом происходит измельчение древесных опилок и увеличивается доля лентообразных частиц в виде частично разрушенных трахеид с фибрированными поверхностями. При высокой степени обработки (водоудерживающая способность по Джайме – 250 %) древесная масса становится более однородной.

Для цитирования: Ермолин В.Н., Баяндин М.А., Казицин С.Н., Намятов А.В. Формирование структуры плит малой плотности из гидродинамически активированных мягких отходов деревообработки // Лесн. журн. 2019. № 5. С. 148–157. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.148

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, правительства Красноярского края, краевого фонда науки в рамках научного проекта «Исследование процессов структурообразования материалов из кавитационно активированной древесины».

Ключевые слова: плиты малой плотности, опилки, аутогезия, структура плит, электронная микроскопия, сорбция, гидродинамическая обработка.

Введение

Древесные плиты находят широкое применение во многих областях, особенно в домостроении, что предопределяет запрос на экологически безопасные материалы с высокими показателями эксплуатационных свойств (низкая тепло- и звукопроводность, формостабильность при воздействии влаги, прочность и т. д.). Как показал анализ работ [10, 12, 17], в последние двадцать лет активно проводятся исследования в области получения древесных плит малой плотности. Это обусловлено жесткими требованиями, предъявляемыми к экологической безопасности, энергоэффективности зданий и сооружений, а также обеспечению оптимальных влажностно-температурных характеристик внутри них [18]. Об этом свидетельствуют цифры по снижению производства и потребления в ряде стран изоляционных материалов на основе минеральных и синтетических волокон [6].

Большой интерес вызывают плитные материалы из растительного сырья плотностью от 100 до 300 кг/м³ [8, 9, 16], которые могут сочетать достаточно высокую прочность при низкой тепло- и звукопроводности. Однако формирование структуры данных плит имеет ряд сложностей. Это обусловлено их малой плотностью, что уменьшает количество контактов между структурными элементами. Применение внешнего давления невозможно, так как это увеличивает их плотность. Наиболее известным решением для формирования структуры плит малой плотности является использование связующих веществ (феноло-формальдегидных смол, полиизоцианатов MDI, полиэфирных волокон и др.) [12, 17]. Но это неизбежно приводит к эмиссии токсичных веществ из плитных материалов и создает экологические проблемы как на стадии производства, так и в процессе эксплуатации плит.

Перспективное направление получения плит малой плотности – предварительная механоактивация древесных частиц без использования связующих веществ. Широкое распространение получили мягкие древесно-волоконистые плиты (ДВП), имеющие плотность 250 кг/м³, предел прочности при изгибе 1,2 МПа, теплопроводность не более 0,07 Вт/(м·°С). Большинство исследователей [1, 9–12] сходятся во мнении, что структурообразование мягких ДВП происходит за счет «свойлачивания» – переплетения древесных волокон при формировании ковра и физического взаимодействия поверхностей размолотых

волокон между собой. Прочность полученной структуре придают механические зацепления, образующиеся в процессе сушки, и водородные связи между фибриллированными волокнистыми частицами. Основной проблемой в данном случае является необходимость обеспечения высокой степени помола древесного волокна (не менее 22 ДС [5]) и требуемой длины волокна (4...6 мм [5]), что возможно только при использовании кондиционной щепы хвойных пород. При этом малое количество образующихся контактов между волокнами не позволяет обеспечить желаемую водостойкость материала. Повысить эксплуатационные свойства плит малой плотности можно только за счет увеличения площади доступных межфазных поверхностей древесных частиц вследствие фибриллирования. Предлагается проводить предварительную механическую активацию древесных частиц путем гидродинамической обработки [1].

Перспективным сырьем для получения древесных плит являются опилки, которые представляют собой крупнотоннажные отходы механической переработки древесины.

Проведенные нами ранее исследования [2, 8] указывают на то, что механоактивация опилок путем гидродинамической обработки позволяет получать древесную массу, состоящую из коротких частиц. В процессе горячего прессования изготавливают плиты с хорошими показателями физико-механических свойств средней плотности ($(800 \pm 150) \text{ кг/м}^3$) без использования связующих веществ. Следует отметить высокую водостойкость этих плит. После кипячения в воде в течение 1 ч они сохраняют не менее 80 % исходной прочности. По результатам проведенных испытаний установлена принципиальная возможность получения плит малой плотности (250 кг/м^3) с высокими механическими свойствами, минимальным разбуханием и низкой теплопроводностью [4]. Поэтому данный способ активации древесины открывает новые возможности для их производства. Это требует изучения характера изменений, которые происходят в древесине при данной обработке.

Анализ известных данных [1, 5, 11] дает основание предположить, что гидродинамическая обработка позволяет получать древесные частицы с большой площадью межфазных поверхностей как за счет измельчения, так за счет фибриллирования, которое происходит вследствие частичного отделения целлюлозных фибрилл от древесных частиц. Появляются новые доступные межфазные поверхности с активными функциональными группами, участвующими в формировании надмолекулярных структур в древесине. Так как процесс проводится в воде, то образовавшиеся группы блокируются молекулами воды. Образование структуры плит происходит в процессе их высыхания за счет того, что заблокированные функциональные группы принимают участие в укреплении связей между контактирующими частицами древесной массы.

Для подтверждения данной гипотезы было изучено влияние гидродинамической обработки на структурные характеристики древесных частиц и их изменение в процессе изготовления плит.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили на опилках древесины хвойных пород, полученных при распиловке круглых лесоматериалов на лесопильной раме. До обработки опилки смешивали с водой из расчета концентрации опилок 10 %. Обработку осуществляли на лабораторном гидродинамическом диспергаторе роторно-пульсационного типа (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид диспергатора роторно-пульсационного типа: 1 – щит управления; 2 – электродвигатель; 3 – рама; 4 – гидродинамический диспергатор; 5 – сливной шаровой кран; 6 – запорная арматура (затвор); 7 – циркуляционная труба; 8 – шаровой кран; 9 – бак

Fig. 1. General view of a rotary-pulsed disperser: 1 – control panel; 2 – electric motor; 3 – frame; 4 – hydrodynamic disperser; 5 – drain ball valve; 6 – isolation (pipe) valve; 7 – circulation pipe; 8 – ball valve; 9 – tank

Для оценки степени обработки древесной массы применяли показатель WRV – водоудерживающая способность, который определяли по методике Джайме [14]. При проведении исследований использовали древесину разной степени обработки. Максимальное значение WRV составляло 250 %. После обработки формовали ковер путем налива обработанной массы в специальную металлическую форму с сетчатым дном. Для обезвоживания ковра использовали механический отжим в холодном прессе с давлением 0,5 МПа. После этого плиты перемещали в конвективную сушильную камеру. Процесс сушки осуществляли при температуре 105 °С и скорости циркуляции сушильного агента 2,5 м/с. Конечная влажность плит – 4 %, плотность $\approx 250 \text{ кг/м}^3$.

Для нахождения изменений площади межфазных поверхностей использовали метод определения адсорбции воды древесиной. Известно [6, 15], что в процессе высыхания волокнистой массы в ней могут происходить необратимые изменения в виде исчезновения части микрокапилляров, которые образовывались на стадии измельчения [7, 13]. Поэтому для сохранения капиллярной структуры гидродинамически обработанную древесную массу отфильтровывали и замораживали при температуре $-60 \text{ }^\circ\text{C}$. После этого ее подвергали лиофильной сушке в лабораторном лиофилизаторе при температуре $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ и температуре конденсатора $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ [3]. Лиофильно высушенные образцы обработанной древесины помещали в гигростаты (температура 25 °С; определенная относительная влажность воздуха над растворами серной кислоты соответствующих концентраций) и выдерживали в течение 1 мес. до достижения постоянной массы образцов (сорбция). На основании полученных данных были построены изотермы сорбции. Для сравнения по такой же методике определяли изотермы сорбции плит из гидродинамически обработанных ча-

стиц ($WRV = 250 \%$). В качестве контроля использовали исходные опилки. Удельную поверхность определяли по методу Брунауэра, Эммета, Тейлора (БЭТ).

Для установления изменений морфологических характеристик частиц в зависимости от величины водоудерживающей способности и структуры полученных плит принят метод растровой электронной микроскопии (микроскоп ТМ-1000).

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные значения количества адсорбированной воды на 1 г абс. сухой древесины в зависимости от степени насыщенности воздуха представлены на рис. 2 в виде изотерм сорбции.

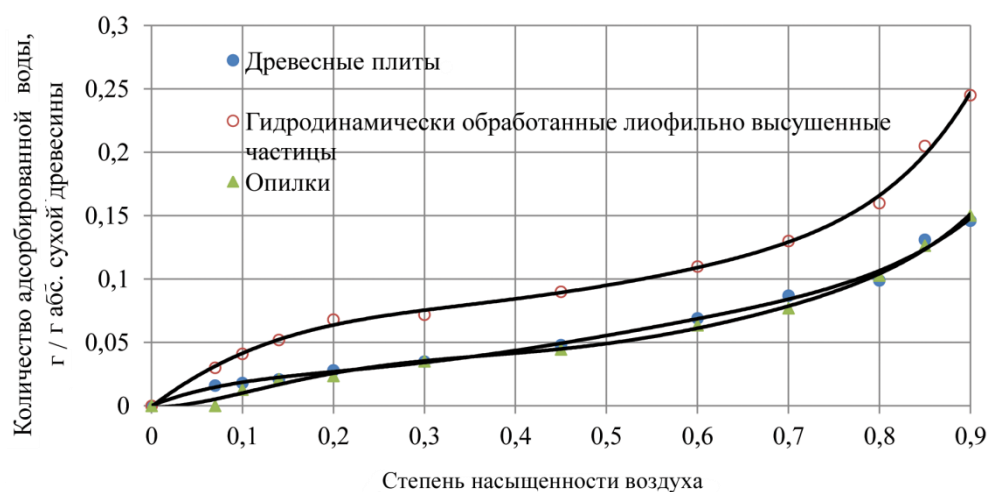


Рис. 2. Изотермы сорбции при температуре 25 °C

Fig. 2. Sorption isotherms at a temperature of 25 °C

Как видно из рис. 2, исследуемые образцы имеют различные величины сорбции, наибольшее отличие отмечено при относительной влажности воздуха до 0,20 (мономолекулярная адсорбция) и выше 0,75 (капиллярная конденсация). Образцы активированной древесины после замораживания и лиофильной сушки имеют максимальную сорбцию, при этом адсорбция у плит и исходных опилок (контроль) примерно одинакова. Емкость монослоя лиофильновысушенных образцов выше, чем у плит и исходных опилок. При оценке величины удельной поверхности по методу БЭТ [2], установлено, что удельная поверхность у обработанной и лиофильно высушенной древесной массы составляет примерно $350 \text{ м}^2/\text{г}$ абс. сухой массы, что более чем в 2,5 раза выше значений для полученных плит и исходных опилок ($\sim 130 \text{ м}^2/\text{г}$ абс. сухой массы).

Отличие изотерм сорбции в области капиллярной конденсации свидетельствует о том, что обработанная лиофильно высушенная древесина содержит большее количество микрокапилляров, в которых может конденсироваться объемная фаза. Вероятно, эти капилляры обусловлены значительной фибрилляцией древесных частиц.

Как ранее было отмечено, изотермы сорбции исходных опилок и готовых плит практически не отличаются, но значительно отличаются от изотерм

лиофильно высушенных частиц, т. е. при формировании структуры плит в процессе сушки происходит восстановление водородных связей между макромолекулами полимеров компонентов древесинного вещества, которые были разрушены при гидродинамической обработке. Образовавшаяся сетка водородных связей имеет плотную упаковку, что объясняет малую величину разбухания плит, их высокую водостойкость и прочность. Результаты электронной микроскопии древесной массы различной степени обработки приведены на рис. 3.

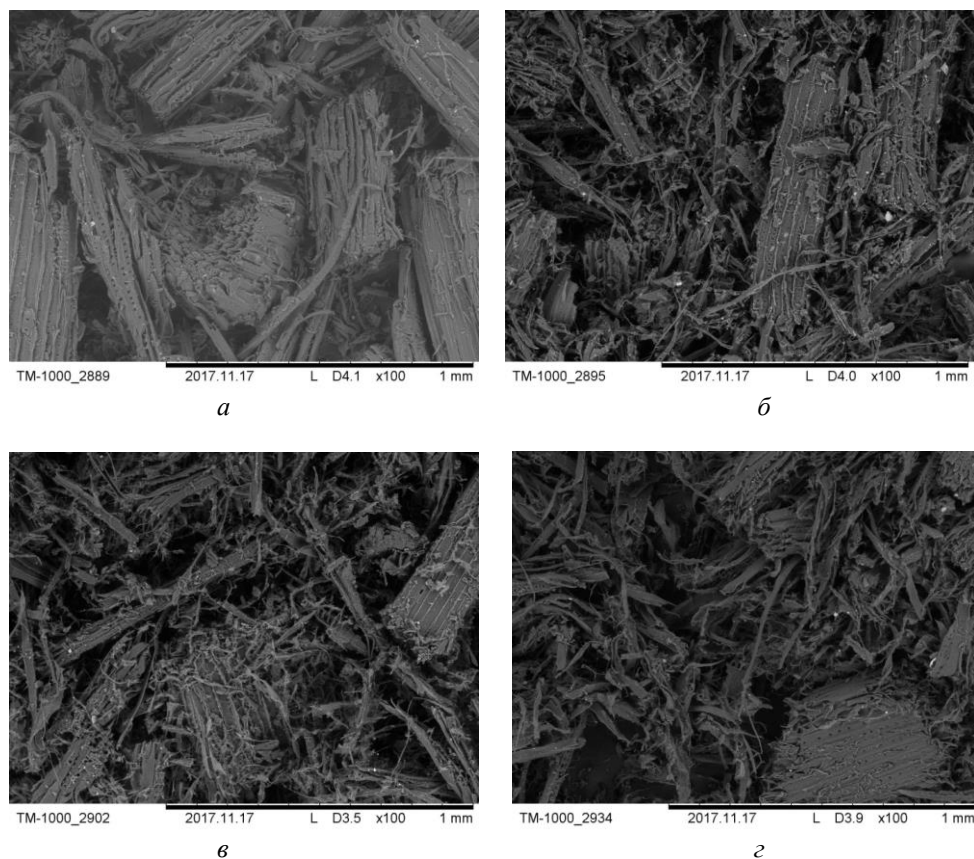


Рис. 3. Микроструктура древесной массы с различной степенью гидродинамической обработки: *a* – исходные опилки из древесины сосны; *б* – активированные частицы при WRV = 100 %; *в* – WRV = 200 %; *г* – WRV = 250 %

Fig. 3. Microstructure of wood pulp with varying degrees of hydrodynamic processing: *a* – initial sawdust from pine wood; *б* – activated particles with water-retention value (WRV) = 100 %; *в* – WRV = 200 %; *г* – WRV = 250 %

Как видно из снимков (рис. 3, *a*), опилки до обработки выглядят как небольшие фрагменты древесины, имеющие клеточную структуру с редкими волокнистыми фрагментами. При гидродинамической обработке древесной массы до WRV = 100 % отчетливо проявляется расслоение приторцовых поверхностей частиц. При этом увеличивается количество мелких лентообразных частиц в виде частично разрушенных трахеид с фибриллированными поверхностями (рис. 3, *б*). При WRV = 200 % (рис. 3, *в*) возрастает количество волокнистых элементов и фибриллированной мелкой (порядка нескольких

микрон) фракции. Дальнейшая гидродинамическая обработка ($WRV = 250\%$) приводит к увеличению однородности древесной массы за счет роста доли волокнистых частиц в виде лент и уменьшения количества мелкой фракции (рис. 3, з). Это обусловлено тем, что мелкие частицы за счет аутогизеонного взаимодействия с более крупными элементами образуют новые структуры.

На рис. 4 представлена микрофотография готовой плиты.

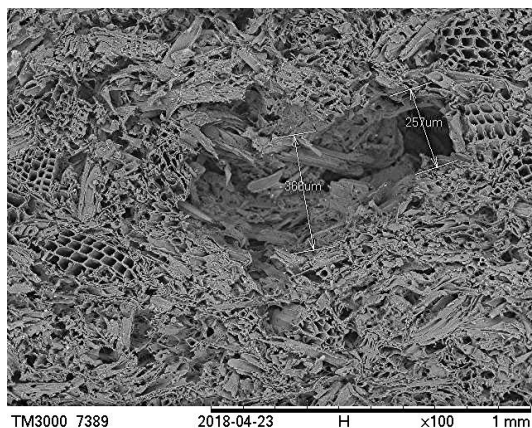


Рис. 4. Микроструктура древесной плиты

Fig. 4. Microstructure of a wood board

Древесная плита малой плотности представляет собой пористый мелкодисперсный материал без явно выраженной анизотропии строения.

Выводы

1. Предварительная гидродинамическая обработка древесины позволяет получать плиты малой плотности без связующих веществ.
2. Установлено, что в результате гидродинамической обработки происходит измельчение древесных частиц и их фибриллирование, что подтверждается изменением сорбционных свойств древесины.
3. Изотермы сорбции гидродинамически обработанной древесины существенно отличаются от изотерм исходной древесины и полученных плит, особенно при степени насыщенности воздуха до 0,20 и выше 0,75.
4. Удельная поверхность, рассчитанная по методу БЭТ, у гидродинамически обработанной древесины составляет примерно $350 \text{ м}^2/\text{г}$ абс. сухой массы, у исходных опилок и готовых плит малой плотности – $130 \text{ м}^2/\text{г}$ абс. сухой массы.
5. Формирование структуры плит малой плотности происходит за счет восстановления водородных связей между макромолекулами полимеров древесинного вещества, разрушенных при гидродинамической обработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Алашкевич Ю.Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах: дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 1986. 361 с. [Alashkevich Yu.D. *Fundamentals of the Theory of Hydrodynamic Processing of Fibrous Materials in Grinding Machines*: Dr. Eng. Sci. Diss. Krasnoyarsk, 1986. 361 p.]
2. Баяндин М.А., Ермолин В.Н., Елисеев С.Г. Влияние механоактивации на аутогезионные свойства древесины // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 31, № 1-2. С. 159–163. [Bayandin M.A., Ermolin V.N., Eliseyev S.G. Influence of Mechanical

Activation on the Autogenous Properties of Wood. *Hvojnye boreal'noj zony* [Conifers of the boreal area], 2013, vol. 31, no. 1-2, pp. 159–163].

3. Колосовская Е.А., Лоскутов С.Р., Чудинов Б.С. Физические основы взаимодействия древесины с водой. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 216 с. [Kolosovskaya E.A., Loskutov S.R., Chudinov B.S. *Physical Principles of Interaction between Wood and Water*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1989. 216 p.].

4. Намятов А.В., Баяндин М.А., Казитин С.Н., Ермолин В.Н. Исследование свойств плит малой плотности из механоактивированных древесных частиц без использования связующих веществ // Строение, свойства и качество древесины – 2018: материалы VI Междунар. симп. им. Б.Н. Уголева, посвященного 50-летию Регионального координационного совета по современным проблемам древесиноведения (Красноярск, 10–16 сент. 2018 г.). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. С. 149–151. [Namyatov A.V., Bayandin M.A., Kazitsin S.N., Ermolin V.N. Investigation of the Properties of Boards, Small Density from Mechano-Activated Wood Chips without Adhesives. *Wood Structure, Properties and Quality – 2018: in honor of B.N. Ugolev. Proceedings of the 6th RCCWS International Symposium Dedicated to the 50th Anniversary of the Regional Coordinating Council of Wood Science, Krasnoyarsk, September 10–16, 2018*. Novosibirsk, SB RAS Publ., pp. 149–152].

5. Чистова Н.Г. Переработка древесных отходов в технологическом процессе получения древесноволокнистых плит: дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2010. 461 с. [Chistova N.G. *Recycling of Wood Wastes in the Technological Process of Obtaining Fiberboard*: Dr. Eng. Sci. Diss. Krasnoyarsk, 2010. 461 p.].

6. Alemdar A., Sain M. Biocomposites from Wheat Straw Nanofibers: Morphology, Thermal and Mechanical Properties. *Composites Science and Technology*, 2008, vol. 68, iss. 2, pp. 557–565. DOI: [10.1016/j.compscitech.2007.05.044](https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2007.05.044)

7. Badel E., Delisee C., Lux J. 3D Structural Characterisation, Deformation Measurements and Assessment of Low-Density Wood Fibreboard under Compression: The Use of X-Ray Microtomography. *Composites Science and Technology*, 2008, vol. 68, iss. 7-8, pp. 1654–1663. DOI: [10.1016/j.compscitech.2008.02.013](https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2008.02.013)

8. Cervin N.T., Andersson L., Ng J.B.S., Olin P., Bergström L., Wågberg L. Lightweight and Strong Cellulose Materials Made from Aqueous Foams Stabilized by Nanofibrillated Cellulose. *Biomacromolecules*, 2013, vol. 14(2), pp. 503–511. DOI: [10.1021/bm301755u](https://doi.org/10.1021/bm301755u)

9. Chapman K.M. Wood-Based Panels: Particleboard, Fibreboards and Oriented Strand Board. *Primary Wood Processing*. Dordrecht, Springer, 2006, pp. 427–475. DOI: [10.1007/1-4020-4393-7_12](https://doi.org/10.1007/1-4020-4393-7_12)

10. Ermolin V.N., Bayandin M.A., Kazitsin S.N. Mechanical Activation of Wood for Adhesive-Free Board Production. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016, vol. 155, no. 1, art. 012038. DOI: [10.1088/1757-899X/155/1/012038](https://doi.org/10.1088/1757-899X/155/1/012038)

11. Fengel D., Wegener G. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Berlin, Walter de Gruyter, 1984. 613 p.

12. Gellert R. Natural Fibre and Fibre Composite Materials for Insulation in Buildings. *Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings*. 2010, pp. 229–256. DOI: [10.1533/9781845699277.2.229](https://doi.org/10.1533/9781845699277.2.229)

13. Jayme G. *Zellstoff und Papier*. 1961, vol. 11, pp. 432–438.

14. Kawasaki T., Zhang M., Kawai S. Manufacture and Properties of Ultra-Low-Density Fiberboard. *Journal of Wood Science*, 1998, vol. 44, iss. 5, pp. 354–360. DOI: [10.1007/BF01130447](https://doi.org/10.1007/BF01130447)

15. Li J., Yang X., Xiu H., Dong H., Song T., Ma F., Feng P., Zhang X., Kozliak E., Ji Y. Structure and Performance Control of Plant Fiber Based Foam Material by Fibrillation via Refining Treatment. *Industrial Crops and Products*, 2019, vol. 128, pp. 186–193. DOI: [10.1016/j.indcrop.2018.10.085](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.085)

16. Shanks R.A. Chemistry and Structure of Cellulosic Fibres as Reinforcements in Natural Fibre Composites. *Natural Fibre Composites*. Oxford, Woodhead Publishing, 2014, pp. 66–83. DOI: [10.1533/9780857099228.1.66](https://doi.org/10.1533/9780857099228.1.66)
17. Velásquez J.A., Ferrando F., Salvadó J. Binderless Fiberboard from Steam Exploded *Miscanthus sinensis*: The Effect of a Grinding Process. *Holz als Roh- Und Werkstoff*, 2002, vol. 60, iss. 4, pp. 297–302. DOI: [10.1007/s00107-002-0304-2](https://doi.org/10.1007/s00107-002-0304-2)
18. Xie Y., Tong Q., Chen Y., Liu J., Lin M. Manufacture and Properties of Ultra-Low Density Fibreboard from Wood Fibre. *BioResources*, 2011, vol. 6, no. 4, pp. 4055–4066.

STRUCTURE FORMATION OF LOW-DENSITY BOARDS FROM HYDRODYNAMICALLY ACTIVATED SOFT WOOD WASTE

V.N. Ermolin, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [X-9597-2019](https://orcid.org/0000-0002-2113-4142),
ORCID: [0000-0002-2113-4142](https://orcid.org/0000-0002-2113-4142)

M.A. Bayandin, Candidate of Engineering, Assoc. Prof.; ResearcherID: [S-1990-2019](https://orcid.org/0000-0002-6228-2715),
ORCID: [0000-0002-6228-2715](https://orcid.org/0000-0002-6228-2715)

S.N. Kazitsin, Candidate of Engineering; ResearcherID: [W-8224-2019](https://orcid.org/0000-0003-4220-5488),
ORCID: [0000-0003-4220-5488](https://orcid.org/0000-0003-4220-5488)

A.V. Namyatov, Assistant; ORCID: [0000-0002-5568-8725](https://orcid.org/0000-0002-5568-8725)

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, prosp. imeni gazety Krasnoyarskiy rabochiy, 31, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation;
e-mail: vnermolin@yandex.ru, mihailbayandin@yandex.ru, sergeikaz060890@yandex.ru, namyatov2010@yandex.ru

Wood boards find wide application in many fields, especially in house building. Research has been actively conducted in the field of obtaining low-density wood boards in the past 20 years. This article presents the results related to studying the influence of hydrodynamic processing of wood particles (sawdust) on their physical properties and dimensions, for the purposes of identifying the mechanism of autohesion interaction in formation of low-density boards without the binding agents. The particles were processed in a hydrodynamic rotary-pulsed disperser. Water retention value (WRV) was used in order to evaluate the degree of processing. A method for determination of water adsorption by wood, and scanning electron microscopy were taken as a criterion of the fibrillation size of wood particles and increase in available interphase surfaces as a result of processing. Hydrodynamically processed wood pulp was frozen at –60 °C and then lyophilized in order to preserve its capillary structure. As a result of the study, we have constructed sorption isotherms of the following samples: initial sawdust, sawdust processed in the hydrodynamic disperser and lyophilized, and low-density wood boards. It was found out that the sorption isotherms of hydrodynamically processed and lyophilized wood particles are considerably different from the isotherms of initial sawdust and final boards. The calculations made according to the BET method showed that the specific surface area of the processed and lyophilized wood particles is about 350 m²/g of dry weight, and the area of the initial sawdust and obtained boards is approximately 130 m²/g of dry weight. This suggests that hydrodynamic processing allows us to considerably increase the fibrillation of wood particles, thereby increase the area of available interphase surfaces, which creates the conditions for autohesion interaction between the particles. As a result the board structure is formed without binding agents. The dynamics of changes in the wood particles dimensions under hydrodynamic processing was studied by the scanning electron microscopy. Sawdust crushing and increasing the share of ribbon-shaped particles in the form of partially destroyed tracheids with fibrillated surfaces

take place at that. The wood pulp becomes more homogeneous under the high degree of processing (water retention value by the Jaime method – 250 %).

For citation: Ermolin V.N., Bayandin M.A., Kazitsin S.N., Namyatov A.V. Structure Formation of Low-Density Boards from Hydrodynamically Activated Soft Wood Waste. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 5, pp. 148–157. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.148

Funding: The study was carried out with the financial support from the Russian Foundation for Basic Research, the Government of Krasnoyarsk Krai, and the Krasnoyarsk Regional Fund for Scientific and Technical Development Support within the frame of a scientific project “Study of Structuring Materials made of cavitation activated wood”.

Keywords: low-density boards, sawdust, autohesion, structure of boards, electron microscopy, sorption, hydrodynamic processing.

Поступила 30.01.19 / Received on January 30, 2019
