

ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

УДК 674.812–41:674.213(043.3)

С. В. Шетько, Л. В. Игнатович, С. А. Прохорчик, А. С. Чуйков
Белорусский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УПЛОТНЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ОЛЬХИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕБЕЛИ

В Беларуси ценные твердолиственные породы древесины составляют примерно 4% от основного лесного фонда, в то же время доля малоценных древесных материалов составляет примерно 30%, в том числе ольха – 8%. В Республике Беларусь, при общей заготовке древесины около 19 млн. м³ в год, для производства столярно-строительных изделий и мебели ценных твердолиственных пород не хватает. Сказанное предопределяет целесообразность снижения доли использования древесины твердолиственных пород в производстве столярно-строительных изделий и мебели за счет замещения их малоценными породами, в частности древесиной ольхи.

Целью настоящей работы является исследование влияния степени уплотнения древесины мягколиственных пород (ольхи) при имитационной отделке столярно-строительных изделий и конструктивных элементов мебели на макро- и микроскопические изменения ее структуры, а также химических изменений уплотненной древесины ольхи методом высокотемпературного термогравиметрического анализа (ТГА). Результаты исследований показывают, что при термоуплотнении древесины ольхи происходит качественное изменение в структуре основных компонентов древесины.

Ключевые слова: уплотненная древесина ольхи, химические изменения, термогравиметрический анализ, макро- и микроскопические исследования.

S. V. Shet'ko, L. V. Ignatovich, S. A. Prokhorchik, A. S. Chuikov
Belarusian State Technological University

RESEARCH OF FEATURES OF STRUCTURAL CHANGES COMPACTED ALDER WOOD FOR THE PRODUCTION OF JOINT-AND-CONSTRUCTION PRODUCTS AND CONSTRUCTION ELEMENTS OF FURNITURE

In Belarus, valuable hardwood species account for approximately 4% of the main forest-forming species, while the share of low-value species is approximately 30%, including alder – 8%. In the Republic of Belarus, with a total timber harvest of about 19 million m³ per year, it is not enough for the production of furniture and joinery products, especially valuable hardwood. The aforesaid predetermines the desirability of reducing the share of the use of hardwood in the production of joinery and furniture by replacing them with low-value species, in particular alder wood.

The aim of this work is to study the effect of the degree of compaction of softwood (alder) wood during the simulation of carpentry-building products and structural elements of furniture on macro- and microscopic changes in its structure, as well as chemical changes in compacted alder wood by high-temperature thermogravimetric analysis (TGA). The research results show that during thermal compaction of alder wood, a qualitative change in the structure of the main components of wood occurs.

Key words: compacted alder wood, chemical changes, thermogravimetric analysis, macro and microscopic studies.

Введение. В настоящее время основной задачей лесной и деревоперерабатывающей промышленности является рациональное использование лесосырьевых ресурсов и производство

экологически безопасной и конкурентоспособной продукции.

В Республике Беларусь ценные твердолиственные породы составляют примерно 4% от основных

лесообразующих пород, в то же время доля малоценных составляет примерно 30%, в том числе: береза – 17%, ольха – 8%, тополь и осина – 5%. При общей заготовке древесины около 19 млн. м³ в год для производства мебели и столярно-строительных изделий ценных твердолиственных пород не хватает. Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [1], объем выпуска столярно-строительных изделий (двери, окна, напольные покрытия, погонаж и др.) в денежном эквиваленте составляет 1 млрд долл. США, а крупнейшими деревообрабатывающими предприятиями, занятыми выпуском подобной продукции, являются: ООО «Стройдеталь», ОАО «Минскдрев», ООО «Лоза», ИП «Косвик», ОАО «Гомельдрев» и др.

Объем выпуска мебели составляет примерно 34% от общего объема производства деревообрабатывающей продукции. В настоящее время этот вид продукции выпускают предприятия концерна «Беллесбумпром» и примерно 600 предприятий вневедомственной подчиненности. Всего изделий мебели производится на сумму, близкую к 1 млрд долл. США.

Таким образом, снижение доли использования древесины твердолиственных пород в производстве столярно-строительных изделий и мебели за счет замещения их малоценными породами, использование которых не нашло широкого применения в связи со сравнительно низкими физико-механическими и эксплуатационными показателями, позволит снизить себестоимость продукции при сохранении прочностных характеристик и требуемого уровня качества изделий из древесины.

Основная часть. Целью настоящей работы является исследование влияния степени уплотнения древесины мягколиственных пород (ольхи) при имитационной отделке столярно-строительных изделий и конструктивных элементов мебели на макро- и микроскопические изменения ее структуры, а также химических изменений уплотненной древесины ольхи методом высокотемпературного термогравиметрического анализа [2] с использованием термоаналитической системы TGA/DSC-1 HT/319 METTLER TOLEDO Instruments.

При проведении исследований на макро- и микроскопические изменения уплотненной древесины ольхи и для оценки химических изменений методом высокотемпературного термогравиметрического анализа, происходящих в древесине в процессе уплотнения, были взяты образцы, подготовленные в производственных условиях, согласно ТУ РБ 100354659.119–2018 [3].

Для обеспечения высокой производительности и сокращения энергоемкости процесса проводилось прессование заготовок на оборудовании

проходного типа действия, оснащенного валом-клише (диаметр 200 мм). Заготовки имели толщину 17 мм, влажность $(10 \pm 2)\%$, плотность (520 ± 5) кг/м³. Образцы из древесины ольхи проходили обработку по следующему режиму [3–6]: температура нагрева вала открытым пламенем – 160–180°C, давление – 2,0–4,0 МПа, а скорость подачи находилась в диапазоне 3–4 м/мин. После уплотнения плотность древесины ольхи составила 760 кг/м³.

Для оценки химических изменений в уплотненной древесине использовали метод высокотемпературного термогравиметрического анализа. Предварительно были подготовлены две навески стружки из натуральной и уплотненной древесины ольхи массой по (10 ± 1) мг каждая. Стружку для исследования получали за счет срезания тонких пластинок древесины с заготовок скальпелем и последующего их измельчения до необходимой величины. Объем и масса исследуемого материала определялись в соответствии с объемом применяемого тигля. Заполненный тигль помещали на термовесы и далее регистрировали скорость изменения массы.

Термогравиметрия (ТГ) – метод термического анализа, при котором регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры [7]. Экспериментально получаемая кривая зависимости изменения массы от температуры (называемая термогравиметрической кривой или термограммой) позволяет судить о термостабильности и составе образца в начальном состоянии, о термостабильности и составе веществ, образующихся на промежуточных стадиях процесса, а также о составе остатка, если такой имеется [8].

Исследования проводили в интервале температур 25–500°C при скорости нагрева 5°C/мин. Изменение массы древесной навески в зависимости от температуры и времени нагрева, а также температуры печи изображали графически в виде термогравиметрической кривой.

Результаты исследования представлены на рис. 1, 2. Термоаналитические кривые, полученные при динамическом нагреве образцов и термической деструкции, показывают наличие на них ряда тепловых эффектов, указывающих на высокую тепловую активность компонентов древесины. В интервале температур 25–200°C на термограммах двух образцов наблюдается незначительная потеря массы, обусловленная испарением физической (связанной) и химической влаги. По достижении температурного интервала 200–340°C в образцах начинается активная стадия пиролиза целлюлозы с возрастающей скоростью потери массы, которая к концу третьего температурного интервала по достижении температуры 310°C для образцов натуральной и уплотненной древесины составила 71 и 72% соответственно.

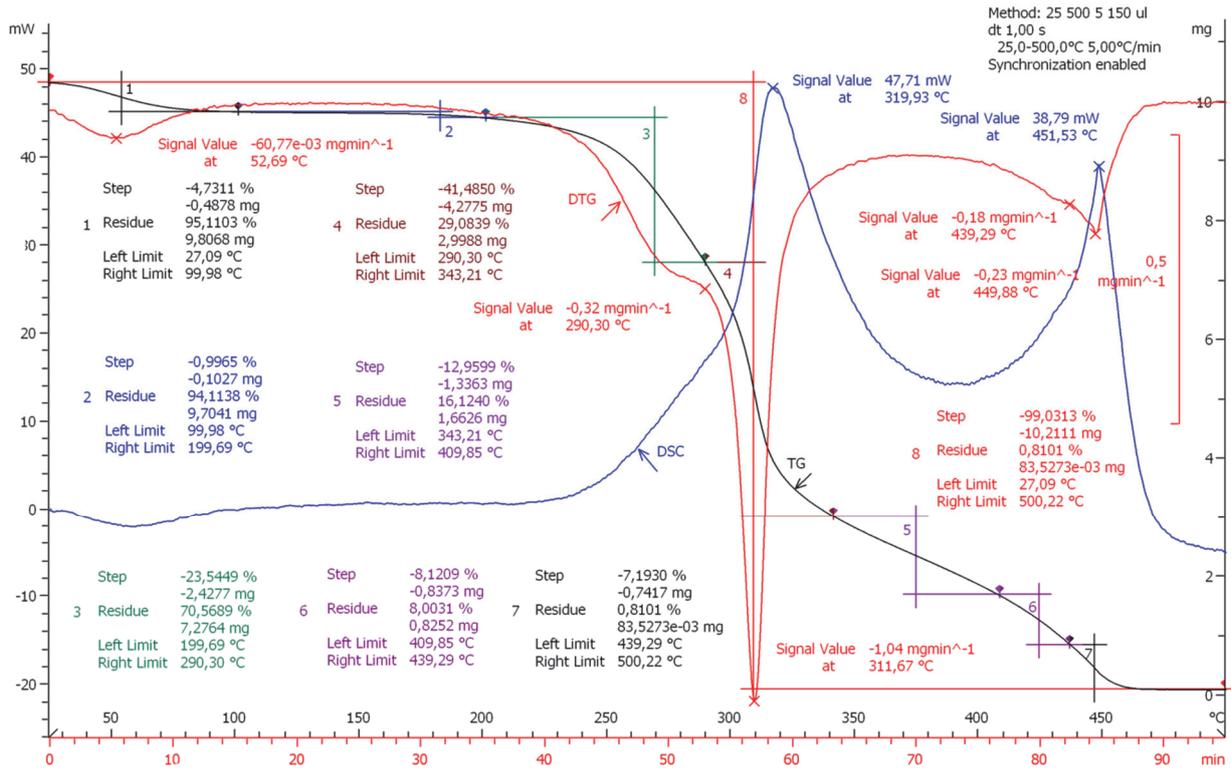


Рис. 1. Термоаналитические кривые натуральной древесины ольхи

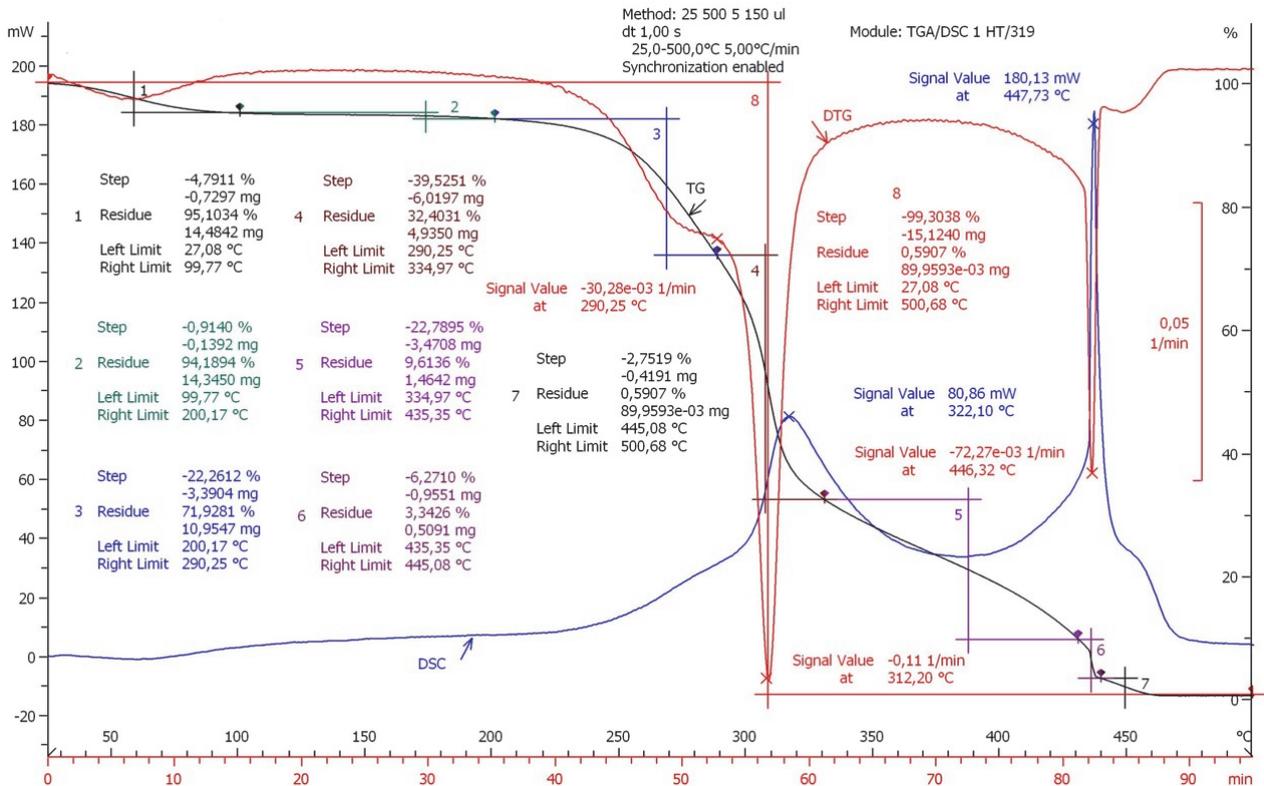


Рис. 2. Термоаналитические кривые уплотненной древесины ольхи

При дальнейшем увеличении температуры до 450°C наблюдается еще один пик увеличения скорости потери массы, что можно объяснить пиролизом лигнина.

Суммарная потеря массы по достижении 500°C для образцов натуральной и уплотненной ольхи составила 99,03 и 99,1% соответственно.



Рис. 3. Образец натуральной древесины ольхи



Рис. 4. Образец уплотненной древесины ольхи

Из приведенных зависимостей следует, что термическое разложение натуральной и уплотненной древесины ольхи проходит в различное количество этапов. Для модифицированной древесины количество этапов термического разложения лигнина сокращается за счет количественных изменений химических связей в нем в процессе термомеханической обработки. В температурном интервале 343–425°C происходит снижение массы на 18,9%, что свидетельствует о непрерывном термическом разложении лигнина [9] и преобладании в его структуре α -5 связей.

При сравнении полученных экспериментальным методом термоаналитических кривых древесины ольхи до уплотнения и после уплотнения существенных отличий выявлено не было. Результаты проведенного исследования подтверждают то, что изменение свойств древесины происходит под действием внешних факторов, и позволяют утверждать, что в основе взаимодействия компонентов древесины лежат химические реакции первичной конденсации лигнина, которые протекают без выделения химических веществ и изменения химического состава древесины [10]. Для идентификации механических изменений в структуре древесины ольхи после термоуплотнения использовали микросъемку при помощи оптического микроскопа «Leica DM LB» и заранее подготовленных проб среза поверхностного слоя древесины [11, 12]. Для проведения испытания были взяты образцы, подготовленные в производственных условиях согласно ТУ РБ 100354659.119–2018.

Сравнивая полученные снимки натуральной (рис. 3) и термоуплотненной древесины ольхи (рис. 4), можно увидеть значительную деформацию клеток древесины, сокращение полостей, а также смятие их стенок вследствие механического воздействия. Разрушение элементов древесины не наблюдается.

Заключение. Исследование особенностей структурных изменений уплотненной древесины ольхи для изготовления столярно-строительных изделий и конструктивных элементов мебели показало, что уплотнение древесины ольхи привело к качественному изменению в структуре основных компонентов лигноуглеводной матрицы древесины.

Микроскопическое исследование показало, что в результате уплотнения структуры древесины происходит механическая деформация ранних и поздних трахеид, т. е. смятие их клеточных стенок. Под действием сжимающих нагрузок произошла деформация клеток древесины, за счет чего ширина рядов клеток стала меньше, что привело к увеличению значения плотности, т. е. к увеличению количества вещества в единице объема. Несмотря на сложное анатомическое строение древесины, между ее объемным весом (плотностью) и прочностью имеется связь: с увеличением объемного веса при одной и той же влажности увеличивается и прочность древесины. Таким образом, уплотненная древесина имеет в несколько раз большую прочность, твердость и ударную вязкость, чем натуральная древесина.

Литература

1. Утгоф С. С., Игнатович Л. В. Исследование эффективности использования уплотненной древесины мягких лиственных пород для производства изделий из древесины с улучшенными эксплуатационными свойствами // Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития. 2013. С. 143–147.

2. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности по энергии активации термоокислительной деструкции полимерных материалов: СТБ 1333.0–2002. Введ. 28.06.2002. Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2002. 16 с.
3. Детали профильные из древесины и древесных материалов для строительства: ТУ РБ 100354659.119–2018. Введ. 05.06.2018. Минск: БГТУ, 2018. 16 с.
4. Gong M., Lamason C. Improvement of Surface Properties of Low Density Wood: Mechanical Modification with Heat Treatment. Canada: University of New Brunswick Publ., 2007. 111 p.
5. Lamason C. Optimization of pressing parameters for mechanically surface-densified aspen // *Forest Products Journal*. 2007. No. 57 (10). P. 64–68.
6. Утгоф С. С. Термомеханически модифицированная древесина ольхи и березы для изготовления лицевого слоя паркетных изделий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05. Минск, 2014. 23 с.
7. Азаров В. И. Химия древесины и синтетических полимеров. СПб.: Лань, 2010. 624 с.
8. Игнатович Л. В., Утгоф С. С. Особенности структурных изменений при термомеханическом модифицировании древесины сосны и ольхи // *Труды БГТУ*. 2016. № 2 (184): Лесная и деревообрабатывающая пром-сть. С. 192–195.
9. Соловьева Т. В. Превращение компонентов лигноуглеводной матрицы в технологии древесноволокнистых плит: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.03. Минск, 1998. 259 л.
10. Прокопчук Н. Р. Определение энергии активации деструкции полимеров по данным термогравиметрии // *Пластические массы*. 1983. № 10. С. 24–25.
11. Бернштейн В. А., Егоров В. М. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров. Л.: Химия, 1990. 256 с.
12. Дехант Й. Инфракрасная спектроскопия полимеров. М.: Химия, 1976. 471 с.

References

1. Utgof S. S., Ignatovich L. V. Research on the effectiveness of using compacted hardwood for the production of wood products with improved performance properties. *Promyshlennost' regiona: problemy i perspektivy innovatsionnogo razvitiya* [Industry of the region: problems and prospects of innovative development], 2013, pp. 143–147 (In Russian).
2. STB 1333.0–2002. Polymer construction. Method for determining the durability of the activation energy for thermal oxidative degradation of polymeric materials. Minsk, M-vo arhitektury i str-va Resp. Belarus' Publ., 2002. 16 p. (In Russian).
3. TU RB 100354659.119–2018. Profile details of wood and wood-based materials for construction. Minsk, BGTU Publ., 2018. 16 p. (In Russian).
4. Gong M., Lamason C. Improvement of Surface Properties of Low Density Wood: Mechanical Modification with Heat Treatment. Canada, University of New Brunswick Publ., 2007. 111 p.
5. Lamason C. Optimization of pressing parameters for mechanically surface-densified aspen [Forest Products Journal], 2007, no. 57 (10), pp. 64–68.
6. Utgof S. S. *Termomekhanicheski modifitsirovannaya drevesina ol'khi i berezy dlya izgotovleniya litsevoogo sloya parketnykh izdeliy. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Thermomechanical modified alder and birch wood for the production of the surface layer of parquet products. Abstract of thesis kand. of tech. sci.]. Minsk, 2014. 22 p.
7. Azarov V. I. *Khimiya drevesiny i sinteticheskikh polimerov* [Wood Chemistry and synthetic polymers]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2010. 624 p.
8. Ignatovich L.V., Utgof S. S. Features of structural changes during thermomechanical modification pine and alder wood. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 192–195 (In Russian).
9. Solov'yeva T. V. *Prevrashcheniye komponentov lignouglevodnoy matritsy v tekhnologii drevesnovoloknistykh плит. Dis. d-ra fiz.-mat. nauk* [The transformation of the components of the ligno-carbohydrate matrix in the technology of wood-fiber boards. Doct. Diss.]. Minsk, 1998. 259 p.
10. Prokopchuk N. R. Determination of activation energy of polymer degradation according to thermogravimetry. *Plasticheskiye massy* [Plastics], 1983, no. 10, pp. 24–25 (In Russian).
11. Bernshtein V. A., Egorov V. M. *Differentsial'naya skaniruyuschaya kalorymetriya v fizikokhimii polimerov* [Differential scanning calorimetry in the physical chemistry of polymers]. St. Petersburg, Khimiya Publ., 1990. 256 p.
12. Dekhant J. *Infrakrasnaya spektroskopiya polimerov* [Infrared spectroscopy of polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 1976. 471 p.

Информация об авторах

Шетько Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13 а, Республика Беларусь). E-mail: tidid@belstu.by

Игнатович Людмила Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ignatovich@belstu.by, lignatovich6@gmail.com

Прохорчик Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины, декан факультета заочного образования. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: prohor@tut.by

Чуйков Алексей Сергеевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: offlex88@mail.ru

Information about the authors

Shet'ko Sergey Vasil'yevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tidid@belstu.by

Ignatovich Lyudmila Vladimirovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ignatovich@belstu.by, lignatovich6@gmail.com

Prokhorchik Sergey Aleksandrovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wooden Articles, Dean of the Faculty of Extramural Studies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: prohor@tut.by

Chuiikov Aleksey Sergeevich – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: offlex88@mail.ru

Поступила 14.10.2019