



Международный симпозиум

# «Лесной комплекс в цифровой экономике»

посвященный 100-летию юбилею  
Мытищинского филиала  
МГТУ им. Н. Э. Баумана  
(МЛТИ-МГУЛ)



**2–5 декабря**  
**Мытищи**



International Symposium

## «Forest complex in the digital economy»

dedicated to the 100th anniversary of  
the foundation of Mytishchi Branch of Bauman  
Moscow State Technical University (ex. Moscow  
Forest Technical Institute - Moscow State Forest University)

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.



---

## International Symposium



# **«FOREST COMPLEX IN THE DIGITAL ECONOMY»**

---

dedicated to the 100th anniversary of the foundation of  
Mytishchi Branch of  
Bauman Moscow State Technical University  
(ex. Moscow Forest Technical Institute – Moscow State  
Forest University)

## ABSTRACTS

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University  
Mytishchi, Russia  
December 2–5, 2019

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.



---

## Международный симпозиум



# *«ЛЕСНОЙ КОМПЛЕКС В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ»*

---

посвященный 100-летнему юбилею  
Мытищинского филиала МГТУ им. Н. Э. Баумана  
(МЛТИ-МГУЛ)

ТЕЗИСЫ

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана  
Мытищи, Россия  
2–5 декабря 2019 года

УДК 630

ББК 43

Л 50

**Редакционная коллегия:**

Санаев В.Г., Быковский М.А., Горбачева Г.А., Тихомиров Е.А.,  
Калинина А.А., Горшков Е.Ю.

**Лесной комплекс в цифровой экономике:** тезисы докладов  
международного симпозиума. МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана – М.:  
Научные технологии, 2019. – 166 с.

**ISBN 978-5-4443-0194-4**

В сборнике представлены основные тезисы докладов  
международного симпозиума «Лесной комплекс в цифровой  
экономике», посвященного 100-летию юбилею МФ МГТУ им.  
Н. Э. Баумана (МЛТИ-МГУЛ). В рамках работы симпозиума были  
проведены заседание Исполнительного комитета Международной  
академии наук о древесине (ИАВС) и очередная сессия  
Регионального координационного совета по современным  
проблемам древесиноведения (РКСД).

**ISBN 978-5-4443-0194-4**

© Коллектив авторов, 2019  
© Научные технологии, 2019

UDC 630

**Editorial Board:**

**Sanaev Victor G., Bykovskiy Maxim A., Gorbacheva Galina A.,  
Tihomirov Evgeny A., Kalinina Alena A., Gorshkov Evgeny Ur.**

**Forest complex in the digital economy:** abstracts of the International Symposium. Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University – M.: Scientific Technologies, 2019. – 166 p.

**ISBN 978-5-4443-0194-4**

The collection contains the main theses of the reports of the International Symposium "Forestry in the digital economy" dedicated to the 100th anniversary of the foundation of Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University (ex. Moscow Forest Technical Institute — Moscow State Forest University). In the framework of the symposium an Annual Meeting of the IAWS Executive Committee and an annual session of the Regional Coordinating Council of Wood Science (RCCWS) were held.

**ISBN 978-5-4443-0194-4**

© Group of authors  
© Scientific technology, 2019

## PREFACE

Dear colleagues!

In 2019 we celebrate the 100 Anniversary of our Alma Mater – Moscow Forest Technical Institute –Moscow State Forest University – now called Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University. Within the framework of anniversary celebrations Mytishchi Branch of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University» (National Research University) together with The Regional Coordinating Council of Wood Science (RCCWS) and International Academy of Wood Science (IAWS) organize International Symposium «FOREST COMPLEX IN THE DIGITAL ECONOMY» from 2 to 5 December, 2019 at Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University. For Russia, as the largest forest country, which has a leading position of forested areas in the world and second in timber stock, the use of digital technologies is necessary to ensure the growth of labor productivity and increase the competitiveness of the forest complex.



- Symposium sections comprise a wide range of scientific issues:
- Structure, properties and quality of wood and wood materials
  - Space monitoring of forest management and reforestation
  - Progressive technologies of logging industries
  - Innovative environmentally friendly technologies of wood processing industries in the digital economy
  - Advanced chemical technologies in the forest complex
  - New materials and technologies of wooden housing construction
  - Bioenergy as a vector of development of the digital economy
  - Forest resources and the global forest products market in the digital economy
  - Ecosystem services of the urban forests in cities and agglomerations.

In the framework of the symposium an Annual Meeting of the IAWS Executive Committee will be held. It will be the second time when International Academy of Wood Sciences is going to hold its meeting in Russia. We are looking forward to having continuous fruitful cooperation with this respected scientific community of wood scientists.

Commemorating our 100<sup>th</sup> Anniversary we feel optimistic about the future. Leading scientists, teachers, young researchers and post-graduate

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

students from Australia, Hungary, Germany, Cuba, Morocco, New Zealand, Russia, Romania, The USA, Thailand, Ukraine, Finland, France, South Korea have submitted articles for our Symposium.

I heartily congratulate you with a Century Anniversary and wish all the Symposium participants to have interesting discussions and success in practical implementation of your plans.

**Sanaev Victor G.,**  
Fellow of IAWS, Prof., Dr.,  
Director of Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical  
University, Mytishchi, Russia  
Chairman of RCCWS, Mytishchi, Russia

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемые коллеги!

В 2019 году мы отмечаем 100-летний юбилей образования нашей Альма-матер – Московского лесотехнического института – Московского государственного университета леса, ныне



Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. В рамках юбилейных мероприятий совместно с Региональным координационным советом по современным проблемам лесоводства (РКСД), Международной академией наук о древесине (ИАВС) мы проводим

Международный симпозиум «Лесной комплекс в цифровой экономике» со 2 по 5 декабря 2019 года в Мытищинский филиале МГТУ им. Н. Э. Баумана. Для России, как крупнейшей лесной державы, занимающей первое место в мире по лесопокрытой площади и второе - по запасам древесины, использование цифровых технологий необходимо для обеспечения роста производительности труда и повышения конкурентоспособности лесного комплекса. Тематика Симпозиума охватывает широкий круг научных проблем:

- Строение, свойства и качество древесины и древесных материалов
- Космический мониторинг лесопользования и лесовосстановления
- Прогрессивные технологии и техника лесозаготовительных производств
- Инновационные технологии деревоперерабатывающих производств в цифровой экономике
- Перспективные химические технологии в лесном комплексе
- Новые материалы и технологии в деревянном домостроении
- Биоэнергетика как вектор развития цифровой экономики
- Лесные ресурсы и мировой рынок лесных товаров в цифровой экономике
- Экосистемные услуги лесов в городах и агломерациях.

В рамках работы симпозиума будет проходить заседание Исполнительного Комитета ИАВС. Международная академия наук о древесине во второй раз проводит свои мероприятия в России, и

мы надеемся на дальнейшее плодотворное сотрудничество с этим авторитетным научным сообществом ученых-древесиноведов.

Отмечая столетний юбилей нашего университета, мы с надеждой смотрим в будущее. Ведущие ученые, преподаватели, молодые исследователи и аспиранты из Австралии, Венгрии, Германии, Кубы, Марокко, Новой Зеландии, России, Румынии, США, Таиланда, Украины, Финляндии, Франции, Южной Кореи представили доклады на Симпозиум.

Сердечно поздравляю с вековым юбилеем и желаю всем участникам Симпозиума интересных дискуссий и успехов в практической реализации задуманных планов!

**Санаев Виктор Георгиевич,**  
академик ИАВС, д.т.н., профессор,  
директор Мытищинского филиала Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана,  
Председатель РКСД, Мытищи, Россия

## PROGRAM COMMITTEE

**Sanaev Victor G.**, Fellow of IAWS, Prof., Dr., Director of Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Russia (*chairman*)

**Oblivin Alexander N.**, academician of RAES and International Academy of Science of Higher Education (IASHE), Prof., Dr., advisor of BMSTU rector, Former rector of Moscow Forest Technical Institute – Moscow State Forest University, Mytishchi, Russia (co-chairman)

**Vaganov Eugene A.**, academician of RAS, Prof., Dr., scientific supervisor of Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

**Lukina Natalia V.**, academician of RAS, Dr., Director of Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences (CFEP RAS), Moscow, Russia

**Onuchin Alexander A.**, Prof., Dr., Director of Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, Russia

**Loskutov Sergei R.**, Prof., Dr., Head of the department in Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, Russia

**Chubinskiy Anatoly. N.**, Prof., Dr., Fellow of IAWS, Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

**Klassen Nikolay V.**, Ass. Prof., Dr., Institute of Solid-State Physics of the RAS, Chernogolovka, Russia

**Evans Robert**, Dr, President IAWS, Fellow Australian Academy of Technological Sciences and Engineering, Fellow Australian and New Zealand Pulp and Paper Technical Association, Honorary Fellow University of Melbourne, Director SilviScan Pty Ltd., Melbourne, Australia

**Deglise Xavier**, Prof., Dr., Fellow and a former President of IAWS, Member of the French Academy of Agriculture, University of Lorraine, Nancy, France

**Niemz Peter.**, Prof., Dr., Fellow of IAWS, Swiss Federal Institute of Technology in Zurich, Switzerland

**Kim Yoon Soo**, Dr., Professor, Vice-President of IAWS, Former President of Chonnam National University, Gwangju, South Korea

**Donaldson Lloyd**, Dr., Secretary/Bulletin Editor of IAWS, SCION - Forests Products Innovation, Rotorua, New Zealand

**Rosen Howard**, Dr., IAWS Treasurer, Forest Products USDA Forest Service, Washington, USA

**Schmitt Uwe**, Dr., Past-President of IAWS, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries, Thünen Institute of Wood Research, Hamburg, Germany

**Wang Siqun**, Dr., Professor, Chair Academy Board of IAWS, Executive Director of the Center for Biomass Science and Engineering, University of Tennessee, Knoxville, USA

**Kasal Bohumil**, Prof., Dr., Fellow of IAWS, Director of the Fraunhofer Institute for Wood Research, Wilhelm-Klauditz-Institute WKI, Germany

**Stampfer Karl**, Dr., Professor, Head of Institute of Forest Engineering, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria

**Sedliačik Jan**, Dr., Professor, Technical University in Zvolen, Slovakia

**Pásztory Zoltan**, Dr., Director of Innovation Center, University of Sopron, Hungary

## **SYMPOSIUM LANGUAGES**

Russian, English

## **FORM OF PARTICIPATION**

- Oral presentation (Plenary and section reports)
- Poster presentation

## ORGANIZING COMMITTEE

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, 1st Institutskaya str., 1, 141005

PhD, ass. prof., dean of FTF **Bykovskiy Maxim A.** (*chairman*)  
Ph.: +7(498) 687-43-93; [bykovskiy@mgul.ac.ru](mailto:bykovskiy@mgul.ac.ru)

PhD, ass. prof., Head of Internayional Division **Nikitin Vladimir V.**  
Ph.: +7(498) 687-43-47; [nick@mgul.ac.ru](mailto:nick@mgul.ac.ru)

PhD, ass. prof., FIAWS, **Gorbacheva Galina A.** (*scientific secretary*)  
Ph.: +7 (498) 687-37-25; [gorbacheva@mgul.ac.ru](mailto:gorbacheva@mgul.ac.ru)

PhD, ass. prof., Head of Research Unit, **Usachev Maxim S.**  
Ph.: +7 (498) 687-35-70; [usachev@mgul.ac.ru](mailto:usachev@mgul.ac.ru)

PhD, ass. prof., **Melnik Petr G.**  
Ph.: +7 (498) 687-39-05; [melnik\\_petr@bk.ru](mailto:melnik_petr@bk.ru)

PhD, ass. prof., **Tihomirov Evgeny A.**  
Ph.: +7 (498) 687-43-51; [tihomirov@mgul.ac.ru](mailto:tihomirov@mgul.ac.ru)

Senior lecturer, **Sirotova Anna A.** (*scientific secretary*)  
Ph.: +7 (498) 687-43-38; [annasirotova@gmail.com](mailto:annasirotova@gmail.com)

Leading engineer, **Kalinina Alena A.** (*scientific secretary*)  
Ph.: +7 (498) 687-37-25; [kalinina@mgul.ac.ru](mailto:kalinina@mgul.ac.ru)

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

**Санаев Виктор Георгиевич**, академик ИАВС, д.т.н., профессор, директор Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, Председатель РКСД, Мытищи (*председатель*)

**Обливин Александр Николаевич**, академик РАЕН и МАНВШ, д.т.н., профессор, советник ректора МГТУ им. Н. Э. Баумана, ректор МЛТИ-МГУЛ, Мытищи (*сопредседатель*)

**Лукина Наталья Васильевна**, член-корреспондент РАН, д.б.н., профессор, директор ЦЭПЛ РАН, Москва

**Ваганов Евгений Александрович**, академик РАН, д.б.н., профессор, научный руководитель Сибирского Федерального университета, Красноярск

**Онучин Александр Александрович**, д.б.н., профессор, директор Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск

**Лоскутов Сергей Реджинальдович**, академик ИАВС, д.х.н., зав. лабораторией, ИЛ СО РАН, Красноярск

**Чубинский Анатолий Николаевич**, академик ИАВС, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**Классен Николай Владимирович**, доцент, кандидат физико-математических наук, Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка

**Эванс Роберт**, Президент ИАВС, доктор наук, Академик Австралийской Академии технологических наук и инженерии, Академик Австралийской и Новозеландской технической ассоциации целлюлозы и бумаги, Почетный доктор Мельбурнского университета, директор SilviScan Pty Ltd., Мельбурн, Австралия

**Деглиз Ксавье**, академик и экс - Президент ИАВС, доктор наук, профессор, Академик Французской Академии сельского хозяйства, Университет Лотарингии, Нанси, Франция

**Нимц Питер**, академик ИАВС, доктор наук, профессор, Высшая техническая школа Цюриха, Швейцария

**Ким Юн Су**, Вице-Президент ИАВС, доктор наук, профессор, экс-президент национального университета Чоннам, Кванджу, Южная Корея

**Доналдсон Ллойд**, Секретарь, Главный редактор вестника ИАВС, доктор наук, Королевский лесной научно-исследовательский институт Новой Зеландии (SCION), Роторуа, Новая Зеландия

**Розен Ховард**, доктор наук, казначей, хранитель ИАВС, Лесная служба Министерства сельского хозяйства США, Вашингтон, США

**Шмитт Уве**, экс - Президент ИАВС, доктор наук, Федеральный научно-исследовательский институт сельского, лесного и рыбного хозяйства, Thünen институт исследований древесины, Гамбург, Германия

**Ван Сигун**, Председатель Совета ИАВС, доктор наук, профессор, исполнительный директор Центра науки о биомассе, Университет Теннесси, Кноксвилль, США

**Касал Богумил**, академик ИАВС, доктор наук, профессор, директор Фраунгоферского института исследований древесины им. Вильгельма Клаудица, Германия

**Штамфер Карл**, доктор наук, профессор, директор института лесного машиностроения, Университет природных ресурсов и прикладных наук, Вена, Австрия.

**Седлячек Ян**, доктор наук, профессор, Зволеницкий технический университет, Словакия.

**Пастори Золтан**, доктор наук, директор Инновационного центра Шопронского университета, Венгрия

## **РАБОЧИЙ ЯЗЫК**

Русский, английский

## **ФОРМА УЧАСТИЯ**

- Пленарные и секционные доклады
- Стендовые доклады
- Заочное участие

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи, 1-я Институтская, д. 1,  
141005

*к.т.н., доц., декан ФЛТ* **Быковский Максим Анатольевич**  
(*председатель*)

Тел.: (498) 687-43-93; [bykovskiy@mgul.ac.ru](mailto:bykovskiy@mgul.ac.ru)

*к.т.н., доц., начальник отдела УМС* **Никитин Владимир**  
**Валентинович**

Тел.: (498) 687-43-47; [nick@mgul.ac.ru](mailto:nick@mgul.ac.ru)

*к.т.н., акад. ИАВС, доц.* **Горбачева Галина Александровна**  
(*ученый секретарь*)

Тел.: (498) 687-37-25; [gorbacheva@mgul.ac.ru](mailto:gorbacheva@mgul.ac.ru)

*к.т.н., доц., начальник НИЧ* **Усачев Максим Сергеевич**

Тел.: (498) 687-35-70; [usachev@mgul.ac.ru](mailto:usachev@mgul.ac.ru)

*к.с.-х.н., доц.* **Мельник Пётр Григорьевич**

Тел.: (498) 687-39-05; [melnik\\_petr@bk.ru](mailto:melnik_petr@bk.ru)

*к.э.н., доц.* **Тихомиров Евгений Александрович**

Тел.: (498) 687-43-51; [tihomirov@mgul.ac.ru](mailto:tihomirov@mgul.ac.ru)

*ст. преп.* **Сиротова Анна Александровна** (*ученый секретарь*)

Тел.: (498) 687-43-38; [annasirotova@gmail.com](mailto:annasirotova@gmail.com)

*вед. инж.* **Калинина Алёна Анатольевна** (*ученый секретарь*)

Тел.: (498) 687-37-25; [kalinina@mgul.ac.ru](mailto:kalinina@mgul.ac.ru)

## CONTENT

Preface .....	6
Предисловие.....	8
Program committee .....	10
Organizing committee .....	12
Программный комитет .....	13
Организационный комитет .....	15
<b>Antonova G.F., Stasova V.V., Suvorova G.G., Oskolkov V.A.</b> Reaction of wood formation in scots pine stem on seasonal changes in photosynthesis and respiration .....	23
<b>Börcsök Zoltán, Suthon Srivaro, Pásztor Zoltán</b> Effect of heat treatment on some cellular properties of rubberwood ( <i>Hevea brasiliensis</i> Müll. Arg.).....	25
<b>Bukova A.A., Dryomova Y.G.</b> Approaches to modeling investment projects of wood biofuel in the North-West Federal District .....	26
<b>Bykovskiy M.A., Tikhomirov E.A.</b> Networking cooperation as a tool of increase of effectiveness of the Russian forest industry .....	28
<b>Czupy Imre, Horváth-Szováti Erika</b> Results of experiments related to stump lifting .....	30
<b>Deglise Xavier, George Béatrice, Mohammed El Moussaouiti, Merlin André</b> Weathering and protection of wood in buildings: the state of art .....	31
<b>Donaldson Lloyd A.</b> Wood cell wall ultrastructure – the key to understanding wood properties and behavior .....	32
<b>Dou Jinze, Josphat Phiri, Thad Maloney and Tapani Vuorinen</b> Fractionation of willow for combined production of activated carbon, extracts and fiber bundles.....	33
<b>Gorbacheva G.A., Smirnov D.V., Sanaev V.G.</b> Experimental research of multishape memory effect of wood.....	34
<b>Gorbacheva G.A., Sanaev V.G., Belkovskiy S.Yu.</b> Using of wood as a multifunctional natural material in the digital economy .....	35

<b>Kasal Bo, Juan Li</b> Repeatability of atomic force microscopy measurements of wood cell surface .....	36
<b>Khazratbekov M.K.</b> Using aerospace monitoring to improve the economic efficiency of enterprises of timber industry complex of the Russian Federation .....	37
<b>Kim Yoon Soo</b> Wood products market in South Korea: perk and downside.....	38
<b>Laptev A.V., Matrosov A.V.</b> Rationale for configuration and geometric dimensions of wheeled harvester working zone .....	39
<b>Matyushkina O.N.</b> Problems logging in mountainous areas in the territory of Russia .....	41
<b>Moussaouiti Mohammed El, Hamdaoui Lahcen El</b> Contribution to rationalize the transformation of the Tetraclinis articulate in Morocco.	42
<b>Muşat Elena Camelia, Derczeni Rudolf Alexandru<sup>1</sup>, Barti Monica Elena, Dumitru-Dobre Constantin</b> Analysis of sound velocity through the wood of spruce trees located into a burned area .....	43
<b>Nazarenko E.B., Gamsakhurdia O.V.</b> Problems of intensification of forest management of the Russian Federation.....	44
<b>Rojas Mederico, Puig Rene, Verdecia Ulisver, Manzanares Katia, La O Joaquin, González Yunier</b> Cuban experiences in the development of sawdust-cement boards.....	45
<b>Sanaev V.G., Gorbacheva G.A., Galkin V.P., Vinokurov S.A., Kumaniaev S.E., Klassen N.V.</b> Studies of electromagnetic phenomena in plants .....	46
<b>Sanaev V.G., Gorbacheva G.A., Galkin V.P., Cebрук I.S., Vinokurov S.A., Kolomietz A.A., Klassen N.V.</b> Interaction of wood science, biological and information technologies .....	48
<b>Schmitt Uwe, Seo Jeong-Wook</b> High-resolution wood formation dynamics – a useful tool for determining interactions between tree and local climate .....	50
<b>Shapchenkova O.A., Loskutov S.R., Aniskina A.A., Srivaro Suthon, Pásztor Zoltán</b> Impact of heat treatment on the thermal characteristics of rubberwood .....	51

<b>Stanciu M.D., Bârsănescu P., Goanță V., Șova D., Savin A.</b> Experimental determination of stress and strain states of the guitar's wood structure .....	53
<b>Stanciu M.D., Șova D., Savin A.2, Ilias N.</b> Behavior of black locust wood subjected to cyclic bending.....	54
<b>Tikhomirov E.A., Kozhuhov N.I., Nazarenko E.B.</b> The introduction of clusters in the timber industry complex of the Russian Federation .....	55
<b>Wang Siqun</b> Application of nanotechnology on the wood science and technology: challenges and our efforts .....	57
<b>Агеев А.К., Горбачева Г.А., Санаев В.Г., Иванкин А.Н.</b> Модификация свойств древесных материалов фторопластами .....	58
<b>Аксенов П.А.</b> Метаболическая активность и гистометрические характеристики структурных элементов древесины.....	60
<b>Аксенов П.А., Колганихина Г.Б.</b> Строение древесины вяза гладкого ( <i>Ulmus laevis</i> Pall.) в связи с воздействием денормализующих факторов .....	62
<b>Быков В.В., Голубев М.И., Голубев И.Г.</b> Современные тенденции применения цифровых технологий при техническом сервисе машин и оборудования лесопромышленных производств.....	64
<b>Галкин В.П., Калинина А.А., Санаев В.Г.</b> Альтернативные источники тепловой энергии в электрических сушильных установках .....	65
<b>Горбачева Г.А., Деянов Д.И., Монсеев С.А., Санаев В.Г.</b> Проявление многоформового эффекта памяти микологически разрушенной древесины .....	67
<b>Данилов Д.А., Януш С.Ю., Зайцев Д.А.</b> Анатомическое строение и плотность древесины ели и сосны на старопахотных землях Северо-Запада России .....	68
<b>Донской С.А.</b> Дистанционный мониторинг динамики лесных ресурсов в лесоправлении Российской Федерации .....	70
<b>Ермохин А.А.</b> Современные методы организации стока поверхностных (ливневых и талых) вод на объектах зелёного фонда города .....	72

<b>Запруднов В.И., Армизонова М.А.</b> Макроструктура арболитовой смеси.....	74
<b>Запруднов В.И., Рамильев И.Р.</b> Термопластичные древесно-полимерные композиты для малоэтажного домостроения.....	75
<b>Запруднов В.И., Юрочкин Н.А.</b> Влияние водорастворимых веществ древесины на прочность цементно-стружечных плит .....	77
<b>Запруднов В.И., Векшина А.А.</b> Подбор оптимальных соотношений компонентов древесно-цементного фибролита .....	78
<b>Зуйков А.А., Горячев Н.Л., Константинова С.А., Аникушин Б.М.</b> Перспективы производства наноцеллюлозы в России и проблемы оценки её качества.....	80
<b>Каптелкин А.А., Рыкунин С.Н.</b> Влияние качества берёзовых круглых лесоматериалов на объёмный выход ламелей для клеёного щита .....	82
<b>Карпачев С.П., Быковский М.А.</b> Оценки некоторых скоплений древесины в биоэнергетике с использованием цифровых технологий .....	83
<b>Кирей В.В., Морозова О.И., Козлитина О.М.</b> Пути повышения экспортного потенциала российских лесопромышленных и деревообрабатывающих компаний .....	84
<b>Кирюхина Т.А.</b> К оценке экосистемных функций городских лесов: депонирование углерода .....	86
<b>Комаров Е.Г., Полещук О.М.</b> Распознавание древесины на основе нечеткого кластерного анализа ее свойств.....	87
<b>Кононов Г.Н., Веревкин А.Н., Сердюкова Ю.В., Зайцев В.Д.</b> Миколоиз древесины, его продукты и их использование .....	89
<b>Кононов Г.Н., Веревкин А.Н., Сердюкова Ю.В., Зайцев В.Д.</b> Исследование влияния технологических факторов на процесс пиролиза модифицированного гидролизного лигнина .....	91
<b>Корнилов Г.В., Чекунин Д.Б., Цветков В.Е.</b> Специальные полимерные изделия, защищённые от фальсификации .....	93

<b>Кульман С. Н.</b> Нелинейная динамическая модель прогнозирования устойчивости стационарного состояния при усталостном разрушении и ее верификация на примере древесных композитов	95
<b>Левин А.Б., Лопатников М.В., Хроменко А.В.</b> Альтернативный метод исследования изменения элементного состава и энергетических свойств при пиролизе биотоплива растительного происхождения	97
<b>Леонова В.А, Леонов Л. А.</b> Современное использование городских лесов в исторических городах Подмосковья (на примере г. Зарайска)	99
<b>Леонтьев П.К., Зарубина А.Н., Иванкин А.Н.</b> Получение биотоплива химической переработкой целлюлозно-бумажных отходов	101
<b>Ломов В.Д.</b> Влияние состава древостоя и типа леса на строение годичных слоев сосны	103
<b>Любавина И.В., Зарубина А.Н., Иванкин А.Н.</b> Лаковые композиции для древесных материалов	105
<b>Макаренко Д.С., Горбачев Н.М., Козначеев И.А.</b> Исследование зависимости теплотворной способности торрефицированных пеллет от параметра жесткости режима обработки	107
<b>Маликов А.Н.</b> Особенности динамики роста лиственнично-еловых лесных культур	109
<b>Мельник Л.П.</b> Динамика естественного возобновления лиственницы за 12-летний период в никольской лесной даче	111
<b>Мельник П.Г., Вронская А.М.</b> Динамика лесного фонда никольской лесной дачи за 130-летний период	113
<b>Перевалова Е.А.</b> Формирование поздней древесины сосны в лесных культурах разной густоты посадки под влиянием засухи	115
<b>Покровская Е.Н.</b> Модифицирование древесины нанокompозитными составами	117
<b>Провин К.Н.</b> Совершенствование системы охраны лесов от пожаров на особо охраняемых природных территориях	118

<b>Прохоров Л.Н., Котов А.А., Шадрин А.А.</b> Некоторые вопросы механизации лесохозяйственных работ в России.....	120
<b>Резанов Л.В.</b> Технология проектирования резного узорочья, как способ сохранения и возрождения деревянного декора русской деревни .....	122
<b>Рыбин Б.М., Завражнова И.А., Рыбин Д.Б.</b> К вопросу стандартизации метода определения блеска прозрачных лаковых покрытий на древесине и древесных материалах.....	124
<b>Санаев В.Г.</b> Взаимодействие древесины с защитно-декоративными материалами.....	126
<b>Санаев В.Г., Щербаков Е.Н.</b> Образовательные программы для цифровой экономики лесного комплекса.....	128
<b>Сарапкина Е.В.</b> Использование удельной поверхностной плотности листьев древесных растений для оценки экосистемных услуг городских лесов .....	130
<b>Сашина Д.О., Зарубина А.Н.</b> Латексы на основе синтетических полимеров для отделки древесины .....	132
<b>Скуратов Н.В.</b> Некоторые особенности взаимодействия древесины с воздухом .....	134
<b>Соколова В.А., Марков В.А., Теппоев А.В., Парфенопуло Г.К.</b> Исследование порошкового материала для спекания электроконтактным методом.....	136
<b>Стасова В.В., Зубарева О.Н., Иванова Г.А., Баженова А.Б.</b> Анатомические характеристики луба лиственницы сибирской после лесных пожаров .....	138
<b>Титунин А.А., Вахнина Т.Н., Кудряшова И.А.</b> Влияние добавки вторичного полиэтилентерефталата на свойства древесных композитов .....	140
<b>Тихомиров Е.А., Назаренко И.Н.</b> Рост налога на природную ренту в лесном секторе экономики .....	142
<b>Тулузаков Д.В., Спириин Б.Л.</b> Моделирование процесса получения профиля плотности композитного материала.....	144

<b>Чернышенко О.В., Козлова Д.В.</b> Оценка поглотительной способности городских лесов.....	146
<b>Чернышенко О.В., Крутикова П.В.</b> Оценка пылефильтрующей способности городских лесов для расчета экосистемной функции зеленых насаждений.....	148
<b>Чубинский А.Н., Русаков Д.С., Варанкина Г.С., Чеглаков А.С.</b> К вопросу о влиянии топографии поверхности различных пород древесины на расход клея.....	150
<b>Шарова С.В.</b> Система бизнес-планирования как элемент стратегического планирования развития отраслей лесного сектора .....	152
<b>Шеллер М.А., Ибе А.А., Шуваев Д.Н., Сухих Т.В., Шилкина Е.А.</b> Использование молекулярно-генетических методов в идентификации лесного репродуктивного материала <i>Pinus Sylvestris</i> L. на территории Средней Сибири.....	154
Participants E-Mail list.....	156
Representated universities and organizations .....	159
Author index.....	162

## REACTION OF WOOD FORMATION IN SCOTS PINE STEM ON SEASONAL CHANGES IN PHOTOSYNTHESIS AND RESPIRATION

**Galina F. Antonova<sup>1</sup>, Victoria V. Stasova<sup>1</sup>, Galina G. Suvorova<sup>2</sup>,  
Vladimir A. Oskolkov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> VN Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of RAS, Russia,  
Krasnoyarsk

<sup>2</sup> Siberian Institute of Physiology and Biochemistry of Plants, Siberian  
Branch of RAS, Russia, Irkutsk

**E-mail:** [antonova\\_cell@mail.ru](mailto:antonova_cell@mail.ru)

**Key words:** *Scots pine, wood formation, cambium activity, biomass accumulation, photosynthesis, respiration, air temperature, precipitation*

The formation of annual layer wood in the trunks of Scots pine, growing in Middle Siberia, was studied in the relationship with photosynthesis and respiration during two seasons with different weather conditions. The development of wood layers was evaluated by the production of xylem and phloem cells by cambium and by biomass, accumulated into cell walls, in separate periods of the seasons. The number of the cells, produced by cambium, and morphological parameters of tracheids were estimated at cross-sections of the cores, collected during the seasons through 9-11 days. The biomass, accumulated in cell walls, was assessed as cross-sectional areas of tracheid walls in secondary thickening zone in each period of the seasons. The data on photosynthesis and respiration, recorded each hour, were calculated then per day in each of the period and per total period. The production of phloem cells by cambium was correlated positively with photosynthesis mainly in May-June whereas of xylem cells in May-June and August. The temperature higher than 15°C was found to influence negatively phloem cells production by cambium. The respiration cost on xylem and phloem cells production by cambium were different in the each of the season and depended on weather conditions. The principal amount of annual increment biomass was accumulated in both seasons mainly in May-June and August. The biomass deposition in these periods had very high connection with photosynthesis as the source of substrates for

biosynthesis of cell wall components, but the degree of the relation changed with weather conditions. The connection between respiration and biomass deposition changed also in dependence on the combination temperature/precipitation in seasonal periods and was very high in August-September, when thickening of latewood tracheid walls occurred.

**EFFECT OF HEAT TREATMENT ON SOME CELLULAR  
PROPERTIES OF RUBBERWOOD (HEVEA BRASILIENSIS  
MÜLL. ARG.)**

**Zoltán Börcsök<sup>1</sup>, Srivaro Suthon<sup>2</sup>, & Zoltán Pásztor<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>University of Sopron, Innovation Center, Hungary

<sup>2</sup>Materials Science and Engineering Program, School of Engineering  
and Resources, Walailak University, Thailand

**E-mail:** [borcsok.zoltan@uni-sopron.hu](mailto:borcsok.zoltan@uni-sopron.hu)

**Keywords:** *heat treatment, wood anatomy, SEM, fiber, parenchyma, double cell wall, cell lumen, lumen/wall ratio*

The effect of different treatment temperatures and different treatment durations on the certain anatomical properties of the rubberwood (*Hevea brasiliensis* Müll.Arg.) was examined. Rubberwood samples were treated at 180° and 220°C for 15, 25 and 35 hours. SEM pictures were taken to measure double cell walls, cell lumens; and the lumen/wall ratio was calculated for fiber and parenchyma cells, in radial and tangential directions. Treatment at 180°C had no or only a slight effect on the anatomy of rubberwood for any treatment duration. The treatment at 220°C has an effect on the anatomy of rubberwood: the double cell wall size decreased, the lumen diameter did not change, so the lumen/cell wall ratio increased. The treatment duration has only a slight effect on the changes.

## **APPROACHES TO MODELING INVESTMENT PROJECTS OF WOOD BIOFUEL IN THE NORTH-WEST FEDERAL DISTRICT**

**Anna A. Bukova, Yuliya G. Dryomova**

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

**E-mail:** [annabukova@yandex.ru](mailto:annabukova@yandex.ru)

**Keywords:** *investments; biofuels; pellets; regional economy; public-private partnership; method of credit financing; forestry*

The North-West Federal District is in second place in timber reserves, and the timber industry complex occupies a significant share in the region's total industrial production. The development of an innovative model for the development of the Russian forest complex involves the production of high-value-added high-tech products based on integrated deep processing of forest resources directly in the growing region.

Currently, investment in the timber industry is carried out in specific economic conditions. In this regard, the problem of analysis and evaluation of investment activity of both the state and private institutions becomes relevant. In modern conditions, breakthrough technologies of the forest sector are of particular interest, which include biotechnology. Biofuel is characterized by high reproduction rate, unlimited scale of raw material processing. The development of the domestic pellet market for use in the field of housing and communal services opens up new opportunities and prospects for investment solutions.

Investment models play an important role in assessing the value of a company, assets, in making managerial decisions on how to develop a company's business, as well as many other tasks of the industry's economy.

Wood pellet production in Russia will only grow. In many regions, the problem of waste disposal has not been resolved. In addition to new legislative initiatives prohibiting the disposal of wood waste, the state encourages businessmen to process wood waste. This allows us to consider biofuel production as one of the most important areas for the development of enterprises in the region, which will contribute to energy efficiency, the development of alternative sources of fuel in the region, and the expansion of the use of pellets as a promising biofuel.

Thus, we can conclude that despite the fact that the capital expenditures for the modernization of boiler houses in the region are large enough, even when leasing or borrowing equipment, on the basis of public-private partnerships, part of the costs can be reimbursed and prices for consumers are kept at the same level as when using boilers for natural gas. In addition, the solution of economic problems is accompanied by an improvement in the ecology of the region and an increase in the quality of life of citizens.

## **NETWORKING COOPERATION AS A TOOL OF INCREASE OF EFFECTIVENESS OF THE RUSSIAN FOREST INDUSTRY**

**Maxim A. Bykovskiy, Evgeny A. Tikhomirov**

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

**E-mail:** [tikhomirov@mgul.ac.ru](mailto:tikhomirov@mgul.ac.ru)

**Keywords:** *forest industry, networking cooperation, quasi-integration*

Network interaction is a specific way of organizing transactions, intermediate between the hierarchy (classical firm) and the market. Business entities collaborating on a network model form a quasi-integrated structure that differs from the usual vertical or horizontal integration in that its participants, forming a single pool of assets, do not lose their economic and legal independence. Currently, many forms of networking are known. The most popular of these include franchising, outsourcing, competitive cooperation, an integrated supply chain, cluster and public-private partnership. The latter form clearly shows another advantage of network cooperation over traditional integration - the state, and not just firms, can take part in it. At the same time, public-private partnerships are not the only form of network cooperation that allows state participation - such participation can, in particular, be realized through clusters.

Competitive cooperation, in our opinion, is advisable at the stage of logging. It is about creating a kind of logging cooperatives, the participants of which, while maintaining a certain economic independence, could invest in the formation of specific assets - first of all, a fleet of equipment. For one enterprise, the corresponding costs are too high, and their payback is questionable due to the small scale of activity, while for the combined enterprises the situation is fundamentally different - they can accumulate resources for the acquisition of equipment and recoup it due to the effect of the scale of production.

Another area of investment for cooperating enterprises could be the maintenance of a network of forest roads in their area of activity, as well as the creation of a system for monitoring the use of the forest fund to prevent illegal wood circulation.

Finally, thanks to cooperation, enterprises could increase the scale of their activities and enter into direct cooperation with woodworking and

pulp and paper mills (in this case, cooperation would be of the nature of creating a single trading structure).

As for public-private partnerships, it should be aimed at creating a network of forest roads. Currently, the state's own resources are insufficient to solve this problem, which suggests the advisability of attracting private resources. However, this attraction should be based on a transparent and understandable scheme for reimbursing the costs of a private investor to all participants in the timber industry complex. For this reason, we believe that the development of a PPP model for the infrastructural support of the forest industry should be carried out with the involvement of representatives of the forest industry to ensure that their interests are respected.

Network tools have great potential from the point of view of increasing the efficiency of the functioning of domestic timber industry. Currently, this toolkit is beginning to gradually be introduced into practice (the state is the initiator through various types of PPP initiatives). It can probably be expected that the frequency of use of this toolkit will increase, since it objectively meets the needs of the timber industry enterprises.

## RESULTS OF EXPERIMENTS RELATED TO STUMP LIFTING

**Imre Czupy<sup>1\*</sup>, Erika Horváth-Szováti<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Forest and Environmental Techniques, University of Sopron, Hungary

<sup>2</sup> Institute of Mathematics, University of Sopron, Hungary

**E-mail:** [czupy.imre@uni-sopron.hu](mailto:czupy.imre@uni-sopron.hu)

**Keywords:** *forest industry, biomass, energy*

The aim of modern forest management is a land-use planning that provides the performing of further measures without any disadvantages. The full-scale utilization of produced biomass needs the removal collection, and transportation of stumps. Issues related to climate change and the shortcoming of fossil energy resources call attention to increasing utilization rate of renewable energy resources. Utilization of stumps as fuel is a significant resource in terms of environment conscious technologies. For removing a part of the stump needs, a special holding device mounted on a bagger. The rising price of biomass emphasise the importance of stumps for energy purposes, which increased worldwide. In order to realize the energy demand of stump lifting was calculated the force for different tree species.

## WEATHERING AND PROTECTION OF WOOD IN BUILDINGS: THE STATE OF ART

Xavier Deglise<sup>1</sup>, Béatrice George<sup>1</sup>, Mohammed El Moussaoui<sup>2</sup> and  
André Merlin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LERMaB, University of Lorraine, France

<sup>2</sup> Faculty of Sciences, Rabat, Morocco

**E-mail:** [xavier.deglise@univ-lorraine.fr](mailto:xavier.deglise@univ-lorraine.fr)

**Keywords:** *construction, weathering, coating, photodegradation, modification*

Mile-high skyscrapers could be made out of wood! Since plans were first drawn, the Jeddah Tower in Saudi Arabia (currently under construction) was scaled back to a more modest 1,000 meters. Anyway, it will be the tallest in the world. Concrete and steel have been the favored building materials for tall buildings but, with climate change intensifying, the pressure is on finding more sustainable alternatives. Concrete is an environmental disaster, steel and mainly aluminum incredibly intensive resource of CO<sub>2</sub>. We need to move beyond that and look at alternative materials of construction saving CO<sub>2</sub> emissions. Some architects are choosing to build instead with recent engineered wood products like CLT, to lower the carbon footprint.

Exposed to solar radiation wood is subjected to surface degradation, but keeps its mechanical properties in the mass. Nevertheless, for aesthetic aspects it must be protected. To ensure its long-term durability, wood is usually coated with various decorative and protective finishes such as opaque paints and semi-transparent stains as well as penetrating finishes or film forming clear varnishes. Studies of the weathering or accelerated ageing of coated wood systems have shown that protection depends not only on the topcoat performance, but also on the substrate and particularly on the wood/coating interface. Nowadays we have numerous new strategies in application or under development, such as wood photo-protection, thermal treatment, permanent stabilization by chemical modifications, corona or plasma treatment. On this stabilized wood we have new environmentally friendly coating applications processes allowing an improved durability of wood/coating systems in exterior up to ten years. The challenge is to increase again this durability, like for the coating of the Eiffel tower!

## WOOD CELL WALL ULTRASTRUCTURE – THE KEY TO UNDERSTANDING WOOD PROPERTIES AND BEHAVIOUR

**Lloyd A. Donaldson**

Scion, Rotorua, New Zealand

**E-mail:** [lloyd.donaldson@scionresearch.com](mailto:lloyd.donaldson@scionresearch.com)

**Keywords:** *Wood cell wall, ultrastructure, cellulose, hemicellulose, lignin, wood modification, wood properties*

In the last 100 years, major advances have been made in understanding wood cell wall ultrastructure and its relationship with xylem function and wood properties. This review will focus on the importance of ultrastructure to an understanding of wood product performance. Cell wall ultrastructure aims to describe wood cell walls at the nano and molecular scale and thus includes aspects of physical and chemical structure and properties. From early studies using polarised light microscopy and x-ray diffraction to modern studies using electron microscopy and a wide range of modern light microscopy and spectroscopy techniques it is now possible to localise and measure individual cell wall components and study cell wall structure and properties at the nano-scale. Wood cell walls consist of cellulose, lignin and non-cellulosic carbohydrates organised into a multi-layered composite. Cell wall ultrastructure is similar in both softwoods and hardwoods with a highly lignified middle lamella/primary cell wall and a cellulose-rich secondary wall consisting of an outer S1 layer, a broad central S2 layer, and a narrow inner S3 layer. Wood cell walls may exhibit variations in ultrastructure with position in the tree (juvenile vs mature wood; sapwood vs heartwood; normal vs reaction wood) or as a result of decay or various industrial treatments and processes.

## FRACTIONATION OF WILLOW FOR COMBINED PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON, EXTRACTS AND FIBER BUNDLES

**Jinze Dou, Josphat Phiri, Thad Maloney and Tapani Vuorinen**

Aalto University, Department of Bioproducts and Biosystems, Helsinki,  
Finland

**E-mail:** [jinze1316@gmail.com](mailto:jinze1316@gmail.com)

**Keywords:** *Willow bark; Picein; Triandrin; (+)-Catechin; Sclerenchyma fiber bundle; Suberin*

The novel introduced biorefinery concept aims to use 1) the bark fraction for the production of fibrils (or fiber bundles) and extractives and 2) the wood fraction is carbonized and further activated for production of high performance electrode material for supercapacitors. The morphology and chemical constitution of the inner bark and wood is characterized as the first step towards complete willow valorization. The distinguishing features of inner bark are its high ash and extractive content and bundles of relatively long and thick-walled sclerenchyma fibers. We discovered that picein, triandrin and catechin could be extracted at an approximate 14% overall yield rate from bark by hot water (20 min at 80 °C). 2D-HSQC NMR spectroscopy and wet chemical analyses demonstrate that guaiacyl is the predominant unit in bark lignin over syringyl and p-hydroxyphenyl. Therefore, the bark lignin structure is the key for developing a novel strategy for separating fiber bundles by judiciously using a mild alkali treatment, followed by fabrication of a composite from the fiber bundle layer and polylactic acid (PLA). Moreover, the fiber bundles exhibited the best compatibility (fiber surface lignin up to 40%) with the matrix PLA compared to other reinforcements. This strategy expands novel composite applications of bark fiber bundles, indicating considerable promise for utilizing this otherwise underutilized bark material. Additionally, bark lignocellulose nanofibrils exhibit higher hydrophobic properties, and its films display higher tensile strength in comparison with wood, which again provides another example of the superior properties of the bark compared to the wood.

## **EXPERIMENTAL RESEARCH OF MULTISHAPE MEMORY EFFECT OF WOOD**

**Galina A. Gorbacheva, Dmitriy V. Smirnov, Victor G. Sanaev**

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

**E-mail:** [gorbacheva@bmstu.ru](mailto:gorbacheva@bmstu.ru)

**Keywords:** *wood, multishape memory effect, hygro (thermo)-mechanical strains, quantities of shape memory effect*

Modern approaches to the creation of new nanocomposite materials based on wood require a detailed study of the structure and properties of this unique natural composite at various levels. Previously it was shown by us that wood like renewable multifunctional material reveals multishape memory effect. The ability of wood to remember 3 shapes was experimentally confirmed. For the study of deformative conversions along the grain at multishape memory effect for 4 and 5 shapes an original technique on curved beech veneer samples at temperature and moisture content changes was developed.

To visualize and analyze this technique, the loading-unloading process of wood veneer sample was modeled on a 3D model using SolidWorks software. The components of hygro(thermo)-mechanical strains of wood (elastic-viscous, residual, frozen, set-strains), quantities of shape memory effect  $R_r$  (the strain recovery rate) and  $R_f$  (strain fixity rate) for the samples of beech veneer for various intervals of temperature and moisture content changes were determined. Research of the wood multishape memory effect allow to develop new multifunctional materials based on wood, to improve existing technologies and expand the possibilities of more effective use of wood for digital economy.

The work was performed as part of project No. 37.8809.2017 / BCh.

## USING OF WOOD AS A MULTIFUNCTIONAL NATURAL MATERIAL IN THE DIGITAL ECONOMY

**Galina A. Gorbacheva, Victor G. Sanaev, Serafim Yu. Belkovskiy**

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

**E-mail:** [gorbacheva@bmstu.ru](mailto:gorbacheva@bmstu.ru)

**Keywords:** *wood, multifunctional natural material, forest complex, digital economy*

In recent decades, the global economy has taken a trend towards digitalization, now the UK, Japan, Singapore, Hong Kong show the highest level of digital development and rapid growth rates. Russia has a huge potential, and by 2024 the state intends to implement a comprehensive digital transformation of the economy and social sphere of the country. The digital economy carries many concepts and generalizes many spheres of human activity. For Russia, as the largest forest country, which ranks second in the world in timber stock, the use of digital technologies is necessary to ensure the growth of labor productivity and increase the competitiveness of the forest industry. Nowadays requirements of multifunctionality are more and more often imposed to modern materials. Unfortunately, at this level of technology development the properties of wood as a natural multifunctional material have not received due attention. Introduction of digital technologies, creation of innovative wood-based products, development of high-tech productions should be solved in present conditions for using the whole complex of unique properties of this renewable resource. In addition, now in industrial systems there is a clear lack of regulatory framework that could help to solve the issues of digital transformation, including in the woodworking industry.

The work was performed as part of project No. 37.8809.2017 / BCH.

## REPEATABILITY OF ATOMIC FORCE MICROSCOPY MEASUREMENTS OF WOOD CELL SURFACE

Bo Kasal<sup>1</sup>, Juan Li<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer WKI, Braunschweig, Germany

<sup>2</sup> Technical University Braunschweig, Braunschweig, Germany and

**E-mail:** [bohupil.kasal@wki.fraunhofer.de](mailto:bohupil.kasal@wki.fraunhofer.de)

**Keywords:** *wood cell, atomic force microscopy, repeatability*

Atomic force microscopy (AFM) is a powerful method that can be used to obtain surface properties of areas of several nano-meters. Often a term «adhesion force» is used in conjunction with the measurements. However, no adhesion force as such is measured and the equipment simply gives a measure of an attraction force between a tip of a cantilever (often of an unknown geometry) and the substrate. The wood material suffers from large surface roughness and the measurements of the attraction forces suffer from various errors such as variability within a measurement (for example, a tip can change during the of measurement) and the variability between the measurements caused, for example, by error in locating the measurement area by repeated measurements.

This presentation investigates the stability of the method with respect to inherent errors and makes an attempt to demonstrate the repeatability using environmental AFM and statistical analysis of treated and untreated samples due to the temperature change.

## **USING AEROSPACE MONITORING TO IMPROVE THE ECONOMIC EFFICIENCY OF ENTERPRISES OF TIMBER INDUSTRY COMPLEX OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Mirkhokim Kh. Khazratbekov**

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

**E-mail:** [khazratbekov@mail.ru](mailto:khazratbekov@mail.ru)

**Keywords:** *aerospace monitoring, economic efficiency, timber industry complex*

In forestry, data are actively used in forest inventory to determine the qualitative and quantitative characteristics of forests, to assess the damage caused to forests by fires, forest diseases, air pollution, illegal logging.

The solution of problems aimed at providing information to forestry enterprises is based on the materials of basic, regular and operational satellite imagery, as well as on actual, statistical, field data available to the customer. The main tasks solved by aerospace monitoring methods in forestry include:

- forest fund mapping;
- identification, control and monitoring of illegal logging;
- determination of the species composition of forests;
- ranking of forests by category by age, timber stock, stand height, biological productivity;
- study and mapping of negative processes affecting forests: the effects of pests and diseases, desiccation or waterlogging of forests, leading to their degradation and death;
- the study of natural conditions that impede active forestry activities (identification of flat lowered wetlands, drainless basins, sharp bends of the relief, etc.) using digital relief models.

With increased competition, which will inevitably be observed on the market every year, the role of aerospace monitoring in forestry will be strengthened, as it ensures the coordinated operation and interaction of systems. In addition to specialists, new methods and approaches in this area, one of the defining roles will be played by modern software capable of efficiently analyzing, controlling and proposing effective options for adjusting previously adopted strategic and operational plans in real time.

## WOOD PRODUCTS MARKET IN SOUTH KOREA: PERK AND DOWNSIDE

**Yoon Soo Kim**

Chonnam National University, Gwangju, South Korea

**E-mail:** [kimys@jnu.ac.kr](mailto:kimys@jnu.ac.kr)

**Keywords:** *Korea wood market, price competitiveness, new trends, barriers, Russia*

Due to limited forest resources, Republic of Korea (South Korea) is highly dependent on imported wood products for covering its consumption (31 Mil.<sup>3</sup>/year). The total value of imports in 2018 increased to \$5.1 billion, 11% increase to the previous year. Major imported products were pulp (27%), plywood (19%), sawn timber, log and chips. China emerged as the biggest supplier to Korea in 2018 (totaled \$540 million), followed by Indonesia, Vietnam, Canada, USA and New Zealand. Russia shows the positive launching in the wood products market of South Korea, recording \$250 million in 2018 (4.8% market share), particularly a high share in pellet and chip market. Demand on wood pellet in Korea is expected to increase to 5.0 Mt in 2020 by the government's green electricity plan.

However, markets are (always) policy-dependent and various factors hinge the future demands. Korea has looked for supply sources which could provide wood products with better price competitiveness and better qualities, which explains the recent new comers in Korean wood products market such as Estonia, Latvia, Finland, Sweden, Czech and Austria. Expansion at a moderate pace in Korean wood products market would be expected in short-term but long-term prospect would not be always optimistic. New market trends [changing customers' demand and policies] and barriers [customized products and different specification etc.] are to be considered to establish a promotion program of their export-products to Korean wood products market.

## **RATIONALE FOR CONFIGURATION AND GEOMETRIC DIMENSIONS OF WHEELED HARVESTER WORKING ZONE**

**Alexandr V. Laptev, Alexey V. Matrosov**

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

**E-mail:** [laptev@mgul.ac.ru](mailto:laptev@mgul.ac.ru)

**Keywords:** *multioperational forest harvesting machines, harvester head, harvester working area, manipulator landing*

In recent years (since 2010), there has been a significant increase in logging volumes in Russia using assortment technology. To a large extent, this is due to the widespread use of a set of machines, mainly on a wheelbase, such as a harvester and forwarder. Given that the harvester is available in various configurations, the loggers are faced with the multilevel task of choosing a harvester from the model range of the preferred manufacturer with the optimal configuration of technological equipment for their natural-production conditions and types of cutting.

The purpose of the study is to justify the selection of such harvester technological equipment that would provide the most optimal working area in terms of geometric dimensions and configuration. The optimality of the harvester working area is determined by the diagram, which takes into account the stability of the harvester when the manipulator is turned, the departure and load capacity of the manipulator at its different departures.

When choosing multioperational machines for forestry operations, attention should be paid to: taxation parameters of the forest stand being cultivated; type of base machine, its geometric and weight characteristics; the layout of technological equipment and its technical characteristics; technologies for work in afforestation; the order of operations for the procurement and processing of a single tree. This will ensure the subsequent selection of the base chassis and technological equipment with the optimal parameters necessary for the efficient operation of the harvester.

The technologies implemented in the machine harvesting of assortments are evaluated not only from the point of view of their cost and efficiency, but also from the point of view of the danger they pose to the forest environment, including the potential damage to forest stands

and soils caused by forestry machines and vehicles. In the case of multifunctional forestry machines, such damage is also associated with the large mass of the machine and harvester head.

The proposed methodology for determining the working area of the manipulator allows you to most effectively select a set of technological equipment of the harvester for various natural and industrial conditions.

The obtained data on the configuration and geometric dimensions of the working area make it possible to more accurately determine the performance of the harvester and with a greater degree of reliability to simulate its operation in various natural and industrial conditions.

A computer program for the selection of technological equipment with specified technical characteristics allows to increase the accuracy of calculations due to the visualization of the results.

## PROBLEMS LOGGING IN MOUNTAINOUS AREAS IN THE TERRITORY OF RUSSIA

**Olga N. Matyushkina**

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

**E-Mail:** [1462699@gmail.com](mailto:1462699@gmail.com)

**Keywords:** *mountain logging, cable-choker mechanisms, logging safety.*

The development and implementation of new equipment for mountain logging requires addressing the issues of safety, comfort, acceptability and stability in this complex operating environment. The control on the part of society and labor unions over mountain logging is noticeably increasing, since work is carried out in a complex landscape and also because of the alleged environmental and natural risks (for example, landslides, erosion). It is necessary to ensure the stability and safety of operations in mountain conditions.

Attracting new workers in the forest industry and training them in new types of equipment and systems can be one of the biggest problems in implementing solutions to improve the efficiency of mountain logging. The key components of the safe, efficient and productive operation of equipment on hillsides are:

- ensuring the proper training of workers;
- ensuring compliance of harvesting plans with the conditions of sites and terrain.

Another problem will be compliance with various regulatory conditions in order to use new types of equipment approved for operational operation.

Three promising high-level goals can be identified to improve the performance of timber enterprises:

- To mitigate and reduce the risks of injuries to increase the safety of workers on mountain slopes;
- Increase and maximize the operating profit of mountain logging (increase margin);
- Increase the volume of forest plantations and sustainable reforestation of valuable species of wood in the mountains.

## CONTRIBUTION TO RATIONALIZE THE TRANSFORMATION OF THE TETRACLINIS ARTICULATE IN MOROCCO

**Mohammed El Moussaouiti, Lahcen El Hamdaoui**

Laboratory of Materials Nanotechnology and Environment,  
Macromolecular Chemistry and Biomaterials Sciences Faculty of  
Sciences, University Mohammed V, Rabat, Morocco

**E-mail:** [m.elmoussaouiti@gmail.com](mailto:m.elmoussaouiti@gmail.com)

**Keywords:** *Chemical-physical properties, Tetraclinis articulata, Morocco*

Thuya, *Tetraclinis articulata*, a coniferous species from the cypress family, better known as the Barbary Thuya, is endemic to the western Mediterranean. It is a tree with semi-arid temperate and warm bioclimate, grows in relatively low altitude. The most valuable part of this tree is not its trunk but the burl buried in the ground, which is highly praised by craftsmanship to create and to carve beautiful items and artifacts. The burl has a deeper color, a more concentrated aroma, and a fascinating grain used for carving high value artifacts, the true colors and natural beauty of the wood grain patterns of the finished articles is enhanced and preserved by hand-rubbed, no stains are generally used in the finishing process

This paper reports on some physical properties such as density, water absorption and swelling, compression strength, and chemical composition of thuya wood from Morocco. Water absorption was in the range of 6 to 9% depending on the initial seasoning of the specimen; air-dried or oven-dried. The maximum swelling in percentage from oven-dried to water saturation conditions was close to 2%. The values of the maximum crushing strength were determined to be  $26.3 \pm 3.5$  MPa, while values of compressive modulus of elasticity vary from 665 to 1376 MPa depending on the direction of load applications. The lignin content was close to 44 percent considerably higher than the traditional 25% lignin in common wood species. Thuya wood is known as very durable species, due to the presence of essential oils that are toxic to decay and insects. The high levels of lignin also contribute to the increase density and dimensional stability of thuya wood.

## **ANALYSIS OF SOUND VELOCITY THROUGH THE WOOD OF SPRUCE TREES LOCATED INTO A BURNED AREA**

**Elena C. Mușat, Rudolf A. Derczeni, Monica E. Barti, Constantin  
Dumitru-Dobre**

Faculty of Silviculture and forest engineering, Transilvania University  
of Brasov, Romania.

**E-mail:** [derczeni@unitbv.ro](mailto:derczeni@unitbv.ro)

**Key words:** *spruce, forest fires, velocity of sound propagation*

Forest fires are an increasingly debated topic worldwide, due to their devastating impact on ecosystems and the increased number of such phenomena.

Spruce represents the most important wood species in Romania, In this regard, the effects that forest fires have on the quality of the wood and the vitality of the standing trees are a very important topic. Thus, the purpose of the article aims to analyze the transfer of sound waves through the wood of standing spruce trees after a forest fire.

The investigations were carried out in a spruce forest located in the Postăvarul Mountains area where, in 2012, there was a fire, which affected about 22.5 ha of forest and was extinguished after almost a month, due to the difficult area and the peculiarities of the fire.

The measurements were made with the Arbotom tomograph. There were made two measurements for each tree, one at a height of 50 cm from the ground level, and the second at 100 cm. The tomograms obtained were interpreted and it turned out that the trees present, inside, areas with affected wood, centrally arranged, but also marginal, especially at the first level analyzed. Following the interpretation of the tomograms it turned out that the control tree, even though it does not have any external sign that attracts attention, has inside an extended area where the characteristics of the wood are strongly modified, compared to the trees affected by the fire.

## **PROBLEMS OF INTENSIFICATION OF FOREST MANAGEMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Elena B. Nazarenko, Olga V. Gamsakhurdia**

Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

**E-mail:** [nazarenko@mgul.ac.ru](mailto:nazarenko@mgul.ac.ru)

**Keywords:** *timber industry, the market demand for timber products, economically available wood, sustainable forest management, intensification of forest management, economic efficiency, investment*

The necessity of transition to the intensive model of forest management and forestry in Russia due to a decrease in the productivity of economically accessible forests as a result of depletion of high-value forest stands of conifers with subsequent replacement of them low commodity stands of broadleaved species, thus worsening the economic situation in all sectors of the forest complex in the long term.

For the realization of the intensive model of forest management need to change a system of standards for the whole forestry cycle, from reforestation to the final felling stands, increasing the interest of the tenant in the full range of forest management activities and the establishment of forest infrastructure, creating market demand for timber harvested during logging care, the use of planting material with improved hereditary properties, which allows to obtain high-quality mature wood in a shorter time.

The implementation of this model will ensure a long-term demand for forest products, increase the economic efficiency of forest management and forest sustainability.

## CUBAN EXPERIENCES IN THE DEVELOPMENT OF SAWDUST-CEMENT BOARDS

**Rojas Mederic<sup>1</sup>, Puig Rene<sup>2</sup>., Verdecia Ulisver<sup>3</sup>., Manzanares  
Katia<sup>4</sup>., La O Joaquin<sup>5</sup>., González Yunier<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Research collaborator at Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de La Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de La Habana, CUJAE, Cuba

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agroforestales, Cuba

<sup>4</sup>Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba

<sup>5</sup>Empresa de Construcciones La Habana, Cuba

<sup>6</sup>Empresa Nacional de Ingeniería Aplicada, Cuba

**E-mail:** [medericop@nauta.cu](mailto:medericop@nauta.cu)

**Keywords:** *sawdust-cement, boards, wood, construction, housings*

This work shows the Cuban experiences in the development of sawdust-cement boards in the last 10 years in the Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad de Granma and Universidad Politecnica de La Habana. The wood-cement boards manufactured with residuals wooden represent technologies of interest in the solutions of construction problems of housings and environmental. In the development of sawdust-cement boards was used sawdust of species *P. maestrensis* Bisse and *P. Caribaea* var. *Caribaea*, actually this sawdust's are not rationally exploited. The basic compositions of these boards were sawdust, a strength Portland cement, chemical additive calcium chloride and mineral additives zeolite and rice husk ash. The wood-cement ratio of 1:2; 1:2.5; 1:2.75 and 1:3 were used in different compositions. The samples were characterized physical and mechanical properties through Cuban and international standards. The results showed that, strength properties obtained data demonstrates that wood-cement ratio of 1:2.5 and 1:2.75 are the most capable for the construction of floors, roofs and walls also the feasibility to substitute cement part with rice husk ash in the sawdust-cement board.

The material cost of sawdust-cement boards was lower to other constructive wall elements, validating their use for the social housings construction, reaffirming as the new alternative building materials, machineries are required for this production.

## STUDIES OF ELECTROMAGNETIC PHENOMENA IN PLANTS

**Victor G. Sanaev<sup>1</sup>, Galina A. Gorbacheva<sup>1</sup>, Vladimir P. Galkin<sup>1</sup>,  
Sergey A. Vinokurov<sup>2</sup>, Sergey E. Kumaniaev<sup>3</sup>, Nikolay V. Klassen<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

<sup>2</sup> Institute of Solid-State Physics of Russian Academy of Sciences (ISSP  
RAS), Russia

<sup>3</sup> Private educational institution "Nonprofit general educational  
institution "ShkolYar", Moscow region, Russia

**E-mail:** [rector@mgul.ac.ru](mailto:rector@mgul.ac.ru)

**Keywords:** *electromagnetic phenomena, biological systems, wood, plants, electromagnetic fields*

Rather a wide set of experimental results has been obtained starting from the end of the 20-th century devoted to active participation of various electromagnetic phenomena in vital activities of biological systems including plants. E.g., radiofrequency and super-high frequency electromagnetic fields emitted by various antennas of communication systems induce significant degradation of trees placed close to them.

More over experimental facts showed that analogous irradiations can deteriorate essentially the health of human beings. Due to these prerequisites we arranged systematical studies of electromagnetic phenomena in various plants and their components starting from separate biomolecules and cells up to branches, leaves and trees.

We found that any plant is a sort of an electro-mechanical mechanism with a wide spectrum of resonance frequencies from several Hertz to billions Hertz. So electromagnetic radiations of any frequency can correspond to a certain component of a plant with the same resonance frequency inducing essential perturbations in its behavior. E.g., water solutions occupy at least 70% of a plant volume.

We found that due to anomalously high dielectric permittivity of water these solutions are characterized by strong electrical activities in a wide spectral range from several Hertz for resonances of colloidal particles, thousands and millions Hertz for resonances of atomic clusters, billions Hertz for groups of molecules, etc. Besides active interactions with external electromagnetic fields plants generate their own fields. E.g., green leaves irradiated with solar light produce synchronous spasmodic

overturns of chloroplasts creating pulses of electrical potentials with volt-like amplitudes. The electrical potentials of the same order are produced by branches of trees in the processes of their deformation by winds. These electrical pulses induce electromechanical waves travelling along vessels of plants. These waves capture nutrition substances from roots of trees as well as products of photosynthesis from leaves and deliver these substances from the places of their production to the points of the plant growth. Hence it is clear that external electromagnetic fields of corresponding frequencies can either improve or deteriorate the procedure of the plant supplies. On the other hand, various insects interacting with plants have their own resonance frequencies.

So adequate irradiation of regions around the plants with corresponding electromagnetic fields can regulate these interactions. Various pests can be eliminated just inside the wood and vice versa useful insects (like bees) can be attracted to enhance their activities. It should be noted that the micro-molecular studies of interaction of electromagnetic fields with plants are in the whole beginning and their future results will improve either practical applications of plants or conditions for their existence.

The work was performed as part of project No. 37.8809.2017 / BCh.

## INTERACTION OF WOOD SCIENCE, BIOLOGICAL AND INFORMATION TECHNOLOGIES

**Victor G. Sanaev<sup>1</sup>, Galina A. Gorbacheva<sup>1</sup>, Vladimir P. Galkin<sup>1</sup>,  
Ivan S. Cebрук<sup>2</sup>, Sergey A. Vinokurov<sup>2</sup>, Arkady A. Kolomietz<sup>3</sup>,  
Nikolay V. Klassen<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

<sup>2</sup> Institute of Solid-State Physics of Russian Academy of Sciences (ISSP  
RAS), Russia

<sup>3</sup> Municipal Budget Educational Institution School № 45, Yamkino,  
Moscow Region

**E-mail:** [rector@mgul.ac.ru](mailto:rector@mgul.ac.ru)

**Keywords:** *electromagnetic phenomena, biological systems, wood, plants, electromagnetic fields*

Our studies of behavior of plants subjected to deformation, laser and electrical treatments revealed several phenomena which gave new information about internal processes in plants and create promising ways of interaction of wood science with biological and information technologies.

Branches of living trees subjected to bending or twisting deformation produce electrical potentials from tens of millivolt to one volt. These potentials grow monotonously from cycle to cycle of the deformation (starting from about 50 millivolts at the first cycle up to 700 millivolts at the seventh). The electrical resistances of branches and leaves after the deformation are decreased by about 10 times and recover in several minutes. When the pulse of electrical potential is applied to one end of a branch the opposite end reveals electrical oscillations just after this pulse. Green leaves demonstrate slow oscillations of the electrical resistance after the treatments with laser illumination or electrical discharge during tens of seconds after the treatments. Green leaves subjected to intensive irradiation with red or blue lasers induce chlorophyll decomposition with magnesium transfer to non-damaged regions.

These phenomena prove the cognitive ability of plants for self-protection against dangerous external treatments by means of modifications of their cell structures and chemical compositions. Studies of microscopic mechanisms of these phenomena in the frames of wood

science open wide fields of applications of plants for electronics, computing, biology and medicine. Reversible variations of electrical and optical parameters of plants as a whole as well as of their separate components induced by mechanical, electrical and optical pulses create embryo for computers with biological basement.

The complicated structure of plants provides the development of new principles of economic and effective computing close to the mental processing of human brains with minimal consumption of energy and parallel work on a wide set of operations. Effective fast propagation of electromagnetic oscillations along vessels of plants provide application of this phenomenon for treatment of human patients with heart-vessel problems of blood supplies. On the other hand, enhancement of transfer of nutrition elements inside plants by induction of electromagnetic waves inside their vessels promises stable improvement of agricultural productivity and effective struggle against draughts and other problems of cultural plants.

## HIGH-RESOLUTION WOOD FORMATION DYNAMICS – A USEFUL TOOL FOR DETERMINING INTERACTIONS BETWEEN TREE AND LOCAL CLIMATE

**Uwe Schmitt, Jeong-Wook Seo**

Thünen-Institute of Wood Research and Institute of Wood Science of  
the University of Hamburg, Germany

**E-mail:** [uwe.schmitt@thuenen.de](mailto:uwe.schmitt@thuenen.de)

**Keywords:** *Wood formation, cambial activity, high resolution, Scandinavia, climate change*

Wood formation can be subdivided into two processes, axial and radial increment. Radial increment in trees is a process depending on the cambial activity which undergoes a seasonal rhythm with alternating active and dormant periods. Duration of cell production and cell division frequency are to a large extent related to local climate conditions.

In cold climates close to the northern timber lines, temperature represents the key factor for cambial activity. Cold as well as temperate climates are responsible for a strictly annual cambial rhythm with a distinct dormant period during winter time. To analyze wood formation precisely and with high time resolution, we mainly applied the pinning technique, but for comparison we also generated results from microcoring and dendrometer measurements.

Onset, course and duration of wood formation was determined for sites close to the tree line in northern Scandinavia up to central Europe. The pinning and microcoring techniques produce rather similar and exact results, whereas dendrometer data includes circumference changes due to hydrological changes in the stem. Wood formation in most cases showed an S-curve, whereby in the north of Scandinavia onset was delayed and duration reduced when compared with southern sites. Among several other proxies, also cambium dynamics for pine have been used for a multiproxy approach to predict future vegetation scenarios for a small selected site in northern Finland due to global warming.

Within this site, pine will be partly replaced by spruce which presently is absent, and birch will disappear completely and will be replaced by pine.

## IMPACT OF HEAT TREATMENT ON THE THERMAL CHARACTERISTICS OF RUBBERWOOD

Olga A. Shapchenkova<sup>1</sup>, Sergei R. Loskutov<sup>1</sup>, Antonina A. Aniskina<sup>1</sup>, Suthon Srivaro<sup>2</sup>, Zoltán Pásztor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center  
“Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Russia

<sup>2</sup>Walailak University, Thasala district

<sup>3</sup>University of Sopron, Hungary

E-mail: [shapchenkova@mail.ru](mailto:shapchenkova@mail.ru)

**Keywords:** *rubberwood, heat treatment, thermogravimetry*

The rubberwood (*Hevea brasiliensis*) was treated in a chamber at 180C in air atmosphere under atmospheric pressure for durations of 15, 25, and 35 h. The treated wood samples and control wood were investigated by thermogravimetry. Thermogravimetry was performed under an air atmosphere at a heating rate of 10 C·min<sup>-1</sup> from 25 up to 700□C. The results of thermogravimetry showed that the weight losses of hemicelluloses decreased by 7.6 % after 15 h, and by 8.4 % and 8.8 % after 25 and 35 h of heat treatment, respectively. It indicates that heat treatment of samples caused the decomposition of hemicelluloses as less thermally stable components of wood. The higher weight losses of cellulose were observed for all treated samples compared to untreated wood probably due to formation of new carbonyl and carboxyl groups as a result of oxidation during heat treatment. The peak temperature of lignin degradation increased by 7C and 20C after 15 h and 25 h of heat treatment, respectively. At the same time, the maximum weight loss rate of lignin degradation dropped significantly (5 %·min<sup>-1</sup>) compared to untreated wood (17 %·min<sup>-1</sup>). These observations imply the higher thermal stability and slower rate of lignin degradation due to the formation of more condensed structures. However, the longer duration of heat treatment (35 h) resulted in a decrease of peak temperature of lignin degradation by 6C, with remarkably higher weight loss (by 3.5 %) and higher maximum weight loss rate (20 %·min<sup>-1</sup>) compared to untreated wood.

### Acknowledgement

The work was carried out as part of the Sustainable Raw Material Management Thematic Network – RING 2017”, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 project in the framework of the Széchenyi 2020 Program. The

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

realization of this project is supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund.

## EXPERIMENTAL DETERMINATION OF STRESS AND STRAIN STATES OF THE GUITAR'S WOOD STRUCTURE

Mariana D. Stanciu<sup>1</sup>, Paul Bârsănescu<sup>2</sup>, Viorel Goanță<sup>2</sup>, Daniela Șova<sup>1</sup>, Adriana Savin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Transilvania University of Brașov, Romania

<sup>2</sup> Gheorghe Asachi Technical University of Iași, Romania

<sup>3</sup> National Institute of Research and Development for Technical Physics, Romania

**E-mail:** [mariana.stanciu@unitbv.ro](mailto:mariana.stanciu@unitbv.ro)

**Keywords:** *wooden guitar structure, stresses, strains, resistivity electrical tensometry*

During playing, the wood of the guitar structure is subjected to stresses due to the strings tension. The study aims at determining the stresses and strain states of the wood from the guitar structure during different stages of strings tension. Therefore, a classical guitar made in a Romanian factory was investigated. For the experiment, the method of the resistivity electrical tensometry was used. On the top of the guitar, near the bridge and the sound hole, two stacked rosettes C2A-06-062WW-350 were applied and other two on the neck of the guitar.

The strings were tensioned to the specific value that corresponds to the producing of the musical note. The signals of the sensors were captured by Vishay P3 Input Strain Indicator / Recorder. By applying the elasticity theory for orthotropic materials, as wood is, the main strains and stresses were determined. The results emphasized that tensile and compression stresses occur in the guitar body and the highest values of strains are recorded in the bridge area and in the guitar neck.

## BEHAVIOR OF BLACK LOCUST WOOD SUBJECTED TO CYCLIC BENDING

Mariana D. Stanciu<sup>1</sup>, Daniela Şova<sup>1</sup>, Adriana Savin<sup>2</sup>, Nicolae Ilias<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Transilvania University of  
Braşov, Romania

<sup>2</sup> National Institute of Research and Development for Technical Physics,  
Romania

<sup>3</sup> University of Petroşani, Petroşani, Romania

**E-mail:** [mariana.stanciu@unitbv.ro](mailto:mariana.stanciu@unitbv.ro)

**Keywords:** *black locust wood, dynamic mechanical analysis, storage modulus, loss modulus, damping*

The black locust wood (*Robinia pseudoacacia* L.) is used in many applications as wood construction, round wood for pilots in mines, parquet, railway sleepers, veneer and handles for tools or in agriculture, as guardians for fruit trees, arches for vines. Due to the macroscopic features and tannin content, this wooden species is characterized by high durability at biological factors. Also, the physical and mechanical properties are good, recommending the species to be used in resistance structures.

Knowing that cyclic stresses reduce the wear and fatigue resistance, the paper presents the experimental results in terms of storage modulus (denoted  $E'$ ), loss modulus (denoted  $E''$ ) and damping ( $\tan \delta$ ), obtained by dynamic mechanical analysis (DMA) in the case of black locust samples subjected to cyclic bending. DMA was performed in two conditions: isothermal condition (with constant temperature of 30°C, but with different excitation frequencies) and dynamic condition (with temperature ranging from 30°C to 120°C). The mechanical experiments were carried out by means of the equipment NETZSCH DMA 242, the density was measured with X-Ray Density Profile Analyzer DPX300 and the microscopic view was obtained by using the scanning electron microscope Hitachi S-3400N.

## THE INTRODUCTION OF CLUSTERS IN THE TIMBER INDUSTRY COMPLEX OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Evgeny A. Tikhomirov<sup>1</sup>, Nikolay I. Kozhuhov<sup>2</sup>, Elena B. Nazarenko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,  
Mytishchi, Russia

<sup>2</sup> Russian Academy of Science, Russian Federation

**E-mail:** [tikhomirov@mgul.ac.ru](mailto:tikhomirov@mgul.ac.ru)

**Keywords:** *clusters, territorial economic entities, hybrids, networks, territorial development*

The cluster as an instrument of shaping long-term network connections among enterprises and organizations located in the same area has become ever more common over the recent years because, on the one hand, it fosters rapid development of the area in which it is located (through involvement of a large number of enterprises stimulating economic activities, raising employment, improving local demand, and increasing tax-generated income of the local budget), while on the other hand, it makes it possible to make its member organizations function more efficiently (making use of the area's competitive advantages and the integration ties between its members based on a combination of competition and cooperation).

Nevertheless, despite such a considerable array of published works, neither practitioners nor theoreticians have ever come to common grounds as to what territorial economic entity may be identified as a cluster. Clusters are often combined with various technoparks, special economic zones, accelerated development regions, etc. This poses difficulties in putting together instruments of managing regional development based on cluster initiatives, obstructs the full-scale realization of the cluster's potential as a regional development instrument, and generates pseudo-clusters, i.e. regional economic entities that fail to exhibit the essential features of the cluster (often, through political reasons). This issue is especially severe in Russia, a country with the world's largest territory and yet heavy disproportions on the level of its regional development.

To summarize, the following may be stated:

- Clusters as networked hybrids by their nature are more complex formations than regular networks (hybrids). It would be more appropriate to describe them as networks consisting of networked entities (comprised,

in their turn, of commercial and non-commercial organizations) and having their territorial connections.

- The territorial economic formations being implemented in the Russian Federation cannot be currently qualified as clusters because they lack essential distinctive features inherent to clusters (in the first place, the networked nature of the interaction between its member organizations). Their present-day condition positions them nearest to the special economic zones with sectoral specialization.

- Such territorial economic formations may become protocluster, subject to a change in the paradigm of their organization on part of the state. Should this change fail to happen, the evolution of these formations will result in establishment of the area with sectoral specialization, but lacking network interaction between its key enterprises.

## **APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY ON THE WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY: CHALLENGES AND OUR EFFORTS**

**Siqun Wang**

Center for Renewable Carbon, University of Tennessee, Knoxville, USA

**E-mail:** [swang@utk.edu](mailto:swang@utk.edu)

**Keywords:** *Nanotechnology, nanoindentation, cellulose nanofiber, wood, nanomechanics*

As an enabling technology, nanotechnology has a great potential to improve our forest product industry: from plantation, forest management, wood-based materials, to bio-based nanomaterials. In this presentation, we will overview our efforts to develop and/or apply nanotechnology in the forest products industry in the two paradigms: 1). Nanotechnology for existing forest products. We have applies nanotechnology to understand nanodimensional structure, chemistry and properties of wood-based materials and the materials used in conjunction with wood (adhesives, coatings and preservatives). For example, we have combined atomic force microscope infrared spectroscopy (AFM-IR) and nanoindentation measurements to identify the specific molecular-scale interactions between phenol-formaldehyde resin (PF) and wood cell wall on the bondline. PF resin molecules not only simply dispersed within the cell wall but also reacted with cell-wall materials, resulting in the increase in the mechanics of wood cell wall. The nanoscale mechanical interlocks formed between resin and wood cell wall might be beneficial to adhesion performance of wood-based composites.

We have also attempted a combined technique of in-situ heating and nanoindentation to investigate the mechanical behavior of each phase on the bondline including cell walls and adhesives at elevated temperature. Our recent research to investigate the interphase between wood and water based coating will be briefly presented as well; 2) Nano materials from lignocellulosic raw materials.

We will report our recent researches to extract nanomaterials from woody materials and fabricate functional materials using cellulose nanofiber, such as extra light aerogel, superhydrophobic coatings, nanolignin, nanocarbon dots.

## МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФТОРОПЛАСТАМИ

**Агеев Антон Константинович, Горбачева Галина  
Александровна, Санаев Виктор Георгиевич, Иванкин Андрей  
Николаевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [gorbacheva@bmstu.ru](mailto:gorbacheva@bmstu.ru)

**Ключевые слова:** *древесина, модификация, фторполимеры, радиационное облучение*

Свойства древесных материалов и продуктов их переработки в составе современных композитов в ряде случаев нуждаются в существенной модификации, поскольку недостаточно высокая термо-, тепло- и химическая устойчивость ограничивают потенциальные области применения таких композитов. Возможным путем решения данной проблемы является использование термостойких синтетических полимеров, которые позволяют получать новые композиционные материалы с широким набором свойств, совмещающих характеристики природного сырья и полимеров, полученных синтетическим путем. Весьма перспективным путем получения новых композитов является использование политетрафторэтилена (тефлона) и его производных – синтетического полимерного материала, обладающего уникальной химической и теплофизической стойкостью. Нерастворимость тефлона практически во всех известных органических растворителях, связанная с высокой молекулярной массой, и тугоплавкость существенно ограничивает возможности его применения и усложняет технологию создания фторполимерных композиций и покрытий. Определенный интерес в качестве потенциальных модификаторов целлюлозосодержащих материалов представляют растворы низкомолекулярных теломеров тефлона, полученных радиационно-химическим синтезом из мономера фторэтилена в различных растворителях. Данный продукт обладает растворимостью и может быть использован в качестве связующего и компонента лаковых покрытий.

Цель настоящей работы заключалась в изучении поверхностной модификации целлюлозосодержащих материалов растворами теломеров тетрафторэтилена в сопоставлении с растворимым сополимером тетрафторэтилена с гексафторпропиленом.

Для нанесения фторполимеров на поверхность целлюлозосодержащих образцов (буковый, сосновый, березовый шпон, бумага) применяли 5% растворы фторопластов в ацетоне. Изучены основные термохимические характеристики модифицированных образцов и показано, что поверхностная обработка позволяет существенно улучшить свойства получаемых материалов.

Работа выполнена в рамках проекта № 37.8809.2017/БЧ.

## МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ГИСТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ

**Аксенов Петр Андреевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [axenov.pa@mail.ru](mailto:axenov.pa@mail.ru)

***Ключевые слова:** Строение древесины, метаболическая активность, транспортные потоки, клеточная стенка, годовичные кольца.*

Направленность и интенсивность физиолого-биохимических процессов, протекающих в различных структурно-функциональных элементах вторичной ксилемы, во многом определяют их морфометрические (гистометрические и цитометрические) характеристики (форма, размеры, расположение и пр.). В наибольшей степени это выражено у имеющих протопласт и, как следствие, эндопластный транспорт паренхимных клеток древесины.

Метаболическая активность (скорость обмена веществ – синтеза, распада, депонирования соединений) структурных элементов древесины тесно связана с транспортными потоками растворов солей и органических метаболитов ксилемы. Активность транспортных и метаболических процессов в стволе древесного растения нарастает по мере перехода от зоны ядровой древесины к внешней границе последнего годовичного кольца заболони.

Структура древесины неоднородна, в следствие чего наблюдается неоднородность в скорости и направлении транспортных путей.

Ряд изменений строения (изменений размеров и форм) определённых групп анатомических элементов древесины в пределах отдельно взятого годовичного кольца можно объяснить с позиции пространственной функционально-метаболической неоднородности во многом определяемой и поддерживаемой транспортными потоками соединений, осуществляемыми посредством различных типов и тесноты контактов клеточных и

внутриклеточных структур (особенностями устройства апопластного и эндопластного транспорта).

Можно выделить шесть уровней неоднородности древесины. Каждому уровню соответствуют свои особенности распределения и организации метаболических процессов.

Учитывая вышесказанное и основываясь на многочисленном экспериментальном материале можно сделать вывод о том, что морфофункциональные особенности анатомических (структурных) элементов древесины во многом зависят от окружающих их соседних элементов и степени контакта с ними, с учётом положения в уровнях структурной организации древесины.

Размеры и форма определённого анатомического элемента древесины будут неодинаковы при различной пространственной локализации (при различном положении) этого элемента в неоднородной массе ксилемы.

Размеры и форма клеточных стенок определенного типа анатомических элементов будут сильно зависеть от окружающих клеток даже в пределах одной относительно однородной структурной зоне годичного кольца. Особенно высокому уровню изменчивости подвержены количественные гистометрические показатели. В следствие этого, количественные гистометрические характеристики структурных элементов древесины необходимо связывать с соответствующими структурно-функциональными зонами уровней неоднородности древесины.

## СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ВЯЗА ГЛАДКОГО (*ULMUS LAEVIS PALL.*) В СВЯЗИ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДЕНОРМАЛИЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ

**Аксенов Петр Андреевич, Колганихина Галина Борисовна**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [axenov.pa@mail.ru](mailto:axenov.pa@mail.ru)

**Ключевые слова:** вяз, древесина, патоген, строение ксилемы,  
тиллы

Строение древесины ветвей вяза гладкого, сформировавшейся под влиянием микопатогенов имеет ряд отличий от нативной древесины.

На макроуровне отмечаются следующие изменения:

Центральная часть древесного цилиндра приобретает тёмный почти чёрный оттенок. В границах потемнения выделяется зона патологии древесины, образованная в связи с воздействием денормализующих факторов. Границы зоны могут соответствовать границам внутренних годичных колец или образовывать расширяющиеся радиальные полосы (секторы). В ряде случаев отмечаются множественные тёмные участки во внешних годичных кольцах. При слиянии множественных патологических зон образуется сплошное темноокрашенное кольцо.

Ядрообразование проходит ускоренно на ранних стадиях развития стебля.

Наблюдаются чёрно-коричневые радиальные линии от боковых почечных следов и побегов, подвергшихся воздействию патогенов.

Падение текущего радиального прироста ксилемы ветвей, прежде всего, за счёт сокращения зоны поздней древесины периферийных годичных колец.

Изменения, отмеченные на микросрезках.

В результате патологических процессов зоны измененной древесины образцов 1, 1-2 имеют следующие анатомические особенности:

Членики ранних и, частично, поздних сосудов активно затилловываются. Причем, чем сильнее воздействие

денормализующего фактора, тем выше встречаемость и меньше размеры тилл в просветах сосудов.

В паренхимных клетках и далее в полостях трахеальных элементов возникают отложения темноокрашенных пластических веществ – микроинfiltrатов. По мере того как в полостях паренхимных клеток образуются микроинfiltrаты, они начинают пропитывать оболочки как паренхимных, так и трахеальных элементов и скапливаются в тиллах, полостях волокон и просветах сосудов. Количество пластических веществ напрямую зависит от силы воздействия неспецифического денормализующего фактора – обычно ксилопатогенных грибов. При этом процесс образования микроинfiltrатов весьма схож с подобными процессами при раневой реакции древесины.

В полостях трахеальных анатомических элементов встречаются оптически активные отложения кальциатов. Применение методов поляризационной микроскопии помогает выявить границы зон кальцинации ксилемы вяза.

В протопластах паренхимных клеток происходит полное или частичное растворение крахмальных зёрен с одновременной трансформацией растворимых углеводов в нерастворимые пластические комплексы.

Дополнительные патологические образования в древесине вяза представлены единичными сердцевинными повторениями.

Наблюдаемые изменения в древесине ветвей вяза согласуются с принципами модели компартментализации (изоляции) патологического процесса во вторичной ксилеме – «CODIT».

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ  
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ  
СЕРВИСЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ  
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Быков Владимир Васильевич<sup>1</sup>, Голубев Михаил Иванович<sup>2</sup>,  
Голубев Иван Григорьевич<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация  
<sup>2</sup> ФГБНУ «Росинформагротех», Россия

**E-mail: [bykov@mgul.ac.ru](mailto:bykov@mgul.ac.ru)**

***Ключевые слова:*** лесные машины, восстановление деталей, 3D-сканирование, аддитивные технологии

В Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года указано, что одним из сдерживающих факторов развития лесного комплекса является устаревшая материально-техническая база. Работающий парк машин и оборудования имеет большой износ. Поэтому во многом его работоспособность приходится поддерживать ремонтно-восстановительными воздействиями. Почти половину затрат на ремонт машин лесопромышленного и лесохозяйственного назначения составляет стоимость запасных частей. Поэтому для ремонта лесных машин необходимы новые технологии, в том числе цифровые. К ним можно отнести технологии, базирующиеся на 3D-сканировании. Одним из перспективных направлений внедрения 3D-технологий в ремонтное производство является комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования. После разборки машины 3D-сканером определяют износ, а с помощью 3D-принтера восстанавливают изношенную поверхность. Одним из преимуществ такой технологии в отличие от традиционной является возможность нанесения слоя присадочного материала точно на место износа, что снижает расход материала от 20 до 90%.

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Галкин Владимир Павлович, Калинина Алёна Анатольевна,  
Санаев Виктор Георгиевич

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [vgalkin@bmstu.ru](mailto:vgalkin@bmstu.ru)

**Ключевые слова:** *сушка древесины, режимы сушки, сушильные  
камеры*

Исследования направлены на сокращение энергетических затрат при сушке пиломатериалов в камерах на электроэнергию.

Основные энергетические затраты: испарение воды из древесины; прогрев материала и оборудования; потери (в основном, утечки через ограждения камеры).

Режимы сушки пиломатериалов предполагают регулирование температуры и влажности сушильного агента, в зависимости от текущей влажности древесины.

Конденсационные камеры получили, достаточно широкое распространение. В таких камерах влажность регулируется путем конденсации воды из сушильного агента. Высвобождающаяся, за счет конденсации энергия, нагревает радиатор, возвращающий тепло агенту сушки. Характеристики хладагентов ограничивают температурный режим рассматриваемых установок. При сушке древесины, максимальная температура сушильного агента не превышает 60 °С.

Другой фактор, снижающий коэффициент трансформации тепла конденсационных сушилок, связан с различием теплоемкости влажного и более сухого воздуха.

Более сложные, многоконтурные системы с тепловым насосом, позволяют увеличить коэффициент трансформации тепла. Однако такая технология не может быть реализована в камерах малой производительности.

В электрических сушильных камерах, источником тепловой энергии служат активные нагреватели.

В качестве альтернативного источника тепла можно использовать воздушный компрессор, нагнетающий влажный воздух в теплообменник, установленный в сушильном пространстве. Если поддерживать давление 1 МПа (это 10 атм), температура поверхности теплообменника может достигать 180 °С.

Такая технология позволяет отказаться от выброса в атмосферу испаряемой из древесины воды.

Работа выполнена в рамках проекта № 37.8809.2017/БЧ.

## **ПРОЯВЛЕНИЕ МНОГОФОРМОВОГО ЭФФЕКТА ПАМЯТИ МИКОЛОГИЧЕСКИ РАЗРУШЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

**Горбачева Галина Александровна, Деянов Дмитрий Игоревич,  
Моисеев Сергей Андреевич, Санаев Виктор Георгиевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [gorbacheva@bmstu.ru](mailto:gorbacheva@bmstu.ru)

***Ключевые слова:** микологически разрушенная древесина,  
многоформовый эффект памяти, показатели эффекта памяти  
формы*

К числу приоритетных направлений стратегического развития лесного комплекса Российской Федерации относится развитие мощностей по глубокой механической, химической и энергетической переработке древесины, необходимых для перехода к цифровой экономике. Древесина, как возобновляемый ресурс, природный многофункциональный материал, обладающий уникальным комплексом свойств, приобретает все большее значение среди современных материалов. Ранее нами были проведены исследования эффекта памяти формы для микологически разрушенной древесины (пестрая ситовая и бурая трещиноватая гнили) при изменении температуры и влажности. Для исследования многоформового эффекта памяти микологически разрушенной древесины была разработана методика, предусматривающая получение 3 различных форм на одном образце (1 - постоянная и 2 временные формы) в разных интервалах температуры и влажности. Впервые экспериментально получены показатели деформационных превращений и количественные показатели при многоформовом ЭПФ для образцов бурой трещиноватой, белой волокнистой и пестрой ситовой гнилей, исследованы свойства микологически разрушенной древесины как активно движущегося материала. Результаты работы будут использованы для создания новых биоразлагаемых многофункциональных материалов, способных работать в условиях переменной температуры и влажности.

Работа выполнена в рамках проекта № 37.8809.2017/БЧ.

## АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЛОТНОСТЬ ДРЕВСИНЫ ЕЛИ И СОСНЫ НА СТАРОПАХОТНЫХ ЗЕМЛЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Данилов Дмитрий Александрович<sup>1,2</sup>, Януш Сергей Юрьевич<sup>2</sup>,  
Зайцев Дмитрий Андреевич<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический  
университет им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА», Россия

**E-mail:** [stownd200@mail.ru](mailto:stownd200@mail.ru)

**Ключевые слова:** *постагрогенные земли, макростроение и плотность древесины ели и сосны*

Проведено исследование показателей строения ксилемы и плотности древесины сосны и ели в спелых древостоях, сформировавшихся на старопахотных землях в пределах Оредежского плато в Ленинградской области. Отбор кернов древесины осуществлялся на шести пробных площадях с разной долей участия ели и сосны в составе насаждения. На основе отобранных образцов древесины ели и сосны, из стволов представленных ступеней толщины насаждения, рассчитана базисная плотность древесины по породам. Для определения зон ранней и поздней древесины и ширины годичных приростов проводилось сканирование высокого разрешения отобранных кернов. Полученные количественные данные обрабатывались методами статистического анализа для определения достоверности взаимосвязей параметров анатомического строения ксилемы ели и сосны и плотности древесины этих пород.

Результаты исследования показали, что в зависимости от доли участия породы в составе насаждения формируется различная плотность древесины у ели и сосны. Отмечается, что в данных условиях произрастания плотность древесины у ели выше, чем у сосны. Однако с уменьшением доли ели в древостое уменьшается плотность её древесины. У соснового элемента формируется более однородная по показателям плотность древесины, чем у еловой части древостоя. В зависимости от доли участия породы, формируется различная плотность древесины у ели. У сосновой части древостоя данная зависимость прослеживается слабее. На

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

уровне макростроения ксилемы взаимосвязь плотности и доли поздней древесины у сосновой части древостоя выше, чем у елового яруса.

## ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ В ЛЕСОУПРАВЛЕНИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Донской Сергей Александрович**

Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область,  
Россия

**E-mail:** [lesszii@bk.ru](mailto:lesszii@bk.ru)

***Ключевые слова:** лесное хозяйство, дистанционный мониторинг, космическая съемка, лесные ресурсы, инвентаризация лесов.*

В переходный период к цифровой экономике в лесном комплексе остро встает вопрос контроля использования природных ресурсов. В действующей системе управления лесным хозяйством России ведущая роль отведена дистанционному мониторингу за использованием лесов на основе материалов ДЗЗ.

При решении различного рода задач, а также в зависимости от интенсивности использования ресурсной базы применяются различные подходы, различающиеся в оперативности получения материалов, периодичности мониторинга и детализации космических снимков (Козодеров и др., 2018). В настоящее время, принят оптимальный вариант ежемесячного мониторинга по материалам космической съемки в панхроматическом спектральном диапазоне пространственным разрешением снимков 10-15 метров. По материалам ДЗЗ с такими характеристиками возможно выявление лесоизменений площадью от 0,5 га, что в районах с интенсивным ведением лесного хозяйства является достаточным. При мониторинге за динамикой лесных ресурсов в районах с преимущественно выборочными рубками необходимы материалы ДЗЗ пространственным разрешением не ниже 5 метров.

Дистанционный мониторинг лесных ресурсов позволяет проводить контроль за состоянием лесозаготовительного фонда, полезащитными полосами и другими категориями защитных лесов. В ходе дистанционного мониторинга выявляются как рубки, так и воздействия природных факторов: ветровалы, буреломы, пожары (Пушкин, Ильючик, 2014). Ввиду того, что в поврежденных насаждениях древесина быстро теряет хозяйственную ценность,

необходимо принятие оперативных решений для исключения дальнейшего воздействия негативных факторов на леса с целью сохранить их хозяйственную и природоохранную ценность. Своевременное реагирование позволяет производить соответствующие мероприятия правоохранительных органов (реагирование на незаконную рубку) и назначение соответствующих санитарно-оздоровительных мероприятий, во избежание разрастания очагов вредителей и не допустить увеличение площади поврежденных лесов. При этом при выявлении случаев воздействия природных факторов информация о них передается в соответствующие структуры для учета при проведении лесопатологического мониторинга.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТОКА ПОВЕРХНОСТНЫХ (ЛИВНЕВЫХ И ТАЛЫХ) ВОД НА ОБЪЕКТАХ ЗЕЛЁНОГО ФОНДА ГОРОДА

**Ермохин Артём Алексеевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [ermohin\\_1997@mail.ru](mailto:ermohin_1997@mail.ru)

***Ключевые слова:** организация стока, зелёная инфраструктура*

Вследствие плотной застройки и большого количества водонепроницаемых покрытий, естественный круговорот воды нарушается, и вместо того, чтобы дренировать в нижние почвенные горизонты, вода попадает в ливневую канализацию. В результате, водоносные слои в почве не пополняются, а растительность остаётся без влаги. К тому же, ливневая канализация не всегда справляется с водой, и дождевая вода, стекающая с автомобильных дорог, тротуаров и площадок, загрязняет водные объекты (реки, озёра, водохранилища и т.п.).

Поэтому необходимо применение новых методов, направленных на управление водными ресурсами и рациональное их использование. К таким методам относятся технологии зелёной инфраструктуры, которые повышают качество экосистемных услуг. К технологиям относят системы сбора дождевой воды, зелёные крыши, дренажные канавы, дождевые сады, биотрясины, вертикальное озеленение, бассейны инфильтрации, подземные водные накопители и т.д.

Технологии зелёной инфраструктуры можно интегрировать в уже существующую инженерную сеть, чтобы уменьшить объём поверхностного стока, снизить нагрузку на ливневую канализацию, повысить её эффективность и избежать попадания вредных веществ в почву и водные объекты. При проведении оценки на предмет наличия технологий на различных типах объектов зелёного фонда города Москвы, например, на территории парков (парк Зарядье, Народный парк в Новомосковском АО) и ООПТ («Серебряный бор», «Долина реки Сетунь»), природный комплекс №189), оказалось, что

технологии зелёной инфраструктуры почти не применяются, а их эффективность чрезвычайно мала.

Необходима разработка проектных предложений по возможному внедрению технологий зелёной инфраструктуры на объектах зелёного фонда города, чтобы улучшить организацию поверхностного стока.

## МАКРОСТРУКТУРА АРБОЛИТОВОЙ СМЕСИ

**Запруднов Вячеслав Ильич, Армизонова Марина Андреевна**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [zaprudnov@mgul.ac.ru](mailto:zaprudnov@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** арболит, древесно-цементный композит

Арболитовая смесь имеет конгломератный тип структуры. Макроструктура конгломерата состоит из каркаса и заполнителя. В настоящее время наиболее изученными среди конгломератов являются бетонные смеси. Данные, полученные исследователями при определении показателей удобоукладываемости бетонных смесей, показывают, что на свойства этих смесей в значительной степени оказывает влияние объёмная концентрация её компонентов.

В случае, когда объём цементного теста больше объёма межзерновых пустот заполнителя, функции каркаса выполняет вяжущее вещество и материал будет обладать в большей степени свойствами, которые присущи вязким телам, а именно ползучестью и тиксометрией. В случае, когда объём цементного теста меньше объёма межзерновых пустот, наиболее ярко должны проявляться свойства заполнителя и их взаимное влияние друг на друга, а именно – свойства мгновенной и замедленной упругости, релаксации напряжений. Изменение поведения материала при изменении объёма его вяжущей части и соответственно смены компонентов смеси выполняющей функции каркаса, проявляются при испытании бетонных смесей в вискозиметрах.

По аналогии с бетонными, в арболитовой смеси в зависимости от состава, функцию каркаса выполняет как заполнитель, так и вяжущее вещество. Прочность и жесткость арболитовых изделий находятся в прямой зависимости от жесткости каркаса, основой которого являются частицы органического заполнителя.

## ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

**Запруднов Вячеслав Ильич, Рамильев Ислам Рамильевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [zaprudnov@mgul.ac.ru](mailto:zaprudnov@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** термопластичные древесно-полимерные  
композиты*

В 2007-2008 г. в России было создано несколько пилотных предприятий по изготовлению термопластичных древесно-полимерных композитов (ДПКТ). В настоящее время изделия из термопластичных древесно-полимерных композитов широко применяются в мебельном производстве, в архитектурных элементах интерьера, в строительстве и других отраслях экономики страны.

Первое промышленное производство древесно-полимерных композитов (ДПК) на основе смеси трех основных компонентов – частиц измельченной древесины, полимеров и комплекса специальных химических добавок (модификаторов), было организовано в начале 90-х годов прошлого века в США.

ДПКТ – сравнительно новая группа древесно-полимерных композитов, которые отличаются от ДПК тем, что в качестве полимерного связующего в них используются малогорючие и безопасные полимерные термопласты.

Значительный период производства и применения ДПКТ выявил проблемы и позволил сформулировать задачи по дальнейшему совершенствованию технологии производства и улучшению физико-механических характеристик термопластичных древесно-полимерных композитов. Одним из направлений дальнейших исследований являются – изучение влияния на физико-механические свойства композитов размеров частиц органического заполнителя и их фракционного состава; применения в производстве ДПКТ сельскохозяйственных отходов, а также опилок, стружек, древесной муки различных пород древесины; технологий,

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

позволяющих использовать вторичные полимеры; создание новых элементов и конструкций для деревянного домостроения.

## ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ ДРЕВЕСИНЫ НА ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

**Запруднов Вячеслав Ильич, Юрочкин Никита Антонович**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [zaprudnov@mgul.ac.ru](mailto:zaprudnov@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** цементностружечная плита, древесно-цементный композит*

Химический состав древесины активно влияет на прочностные и деформационные свойства, а также сроки твердения цементностружечных плит (ЦСП).

К веществам, отрицательно влияющим на гидратацию и твердение древесно-цементных композиционных материалов, в первую очередь относятся – сахара, крахмал, дубильные вещества, камеди, фенолы, органические кислоты. Многие из них, попадая в раствор, при смешивании древесного заполнителя с цементным вяжущим, имеющим щелочную среду рН 11-12, своей концентрацией определяют прочность ЦСП и скорость схватывания цементного вяжущего. Так мономеры сахара до определенной концентрации способны улучшать процессы схватывания, но при повышении этого уровня исключают всякое схватывание.

В свою очередь гидроокись кальция, которая содержится в цементе, способна оказывать сильные повреждения древесины при контакте ее с водой путем интенсивного выщелачивания.

Поэтому, чтобы получить ЦСП заданной прочности, в первую очередь необходимо использовать древесный заполнитель надлежащего качества. С этой целью необходимо локализовать, либо максимально снизить содержащиеся в нем водорастворимые вещества. Пока нет точного доказательства, чем вызвано замедление схватывания цемента – компонентами самой древесины или возникающими продуктами ее разложения или превращения.

## ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СООТНОШЕНИЙ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНОГО ФИБРОЛИТА

**Запруднов Вячеслав Ильич, Векшина Анна Александровна**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [zaprudnov@mgul.ac.ru](mailto:zaprudnov@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** древесно-цементный композит, фибролит, арболит*

Комплекс наилучших показателей основных свойств древесно-цементного композита (фибролита, арболита, цементно-стружечной плиты) зависит от оптимальности структуры, которая формируется на всех этапах технологии его производства. Оптимальная структура зависит в первую очередь от соотношения компонентов смеси и степени уплотнения, т. е. от объёма цементного камня и частиц заполнителя в единице объёма материала. Определяющее значение при этом играет наличие непрерывной прослойки вяжущего вещества с образованием прочного структурного каркаса из затвердевшего вяжущего.

В свою очередь, прочность затвердевшего вяжущего зависит от консистенции цементного теста в древесно-цементной смеси, т. е. от истинного водоцементного соотношения при приготовлении смеси, которое, следовательно, влияет на прочность цементного камня. Степень уплотнения определяет площадь контактов между частицами заполнителя, обработанными цементным вяжущим. Таким образом, подбор оптимального соотношения компонентов древесно-цементного композита является одним из направлений повышения его прочностных и деформационных характеристик.

При разработке оптимального состава древесно-цементного композита для утепляющего слоя деревянных трехслойных конструкций возникает необходимость решения компромиссной задачи – получить достаточно прочный материал при его минимальной средней плотности и достичь максимально возможной эффективности применения его как тепло-и звукоизоляционного материала. В этой связи в исследованиях приняты два параметра

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

оптимизации (функции отклика): средняя плотность древесно-цементного материала ( $\rho$ ) и его прочность при сжатии ( $R_{сж}$ ).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ В РОССИИ И ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЕЁ КАЧЕСТВА

Зуйков Александр Александрович<sup>1</sup>, Горячев Никита  
Леонидович<sup>1</sup>, Константинова Светлана Алексеевна<sup>2</sup>,  
Аникушин Борис Михайлович<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ОАО «ЦНИИБ», Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина», Россия

**E-mail:** [ckal\\_cniib@mail.ru](mailto:ckal_cniib@mail.ru)

**Ключевые слова:** *наноцеллюлоза, модифицированная древесина, клеи, однолетние растения, бумага и картон*

Одним из перспективных материалов, получаемых из растительного сырья, является наноцеллюлоза. В мире уже более 30 лет активно ведутся исследования по разработке технологии получения наноцеллюлозы. В разных странах уже созданы опытно-промышленные установки по получению различных видов наноцеллюлозы мощностью до 1 тонны в сутки.

В России начиная с 2009 г. активно ведутся исследования по разработке технологии производства НЦ из отходов однолетних растений. На основе наноцеллюлозы в настоящее время сейчас проводятся исследования по созданию высокопрочных композиционных материалов из древесины, разрабатывается широкий класс бумаг и картонов с улучшенными потребительскими свойствами. Этот продукт востребован фармацевтической, пищевой, химической промышленностями.

Для внедрения на предприятия ЛПК разрабатываемых технологий получения наноцеллюлоз и использования в композициях бумаги и картона в ближайшее время необходимо решить следующие проблемы: 1) создавать на каждом предприятии отдельные небольшие установки или строить установку большой мощности для обслуживания расположенных близко нескольких предприятий; 2) обеспечить предприятия производящие наноцеллюлозу и ее потребляющую технологически приемлемыми методами контроля качества наноцеллюлозы и ее стабильности.

Основные области применения включают два направления:

1. Технология получения модифицированной древесины с использованием наноцеллюлозы.

Технологические возможности производства модифицированной древесины позволяют получать конечный продукт с широким спектром свойств, которые можно изменять в зависимости от требований потребителя. Наибольший экономический эффект прослеживается при модификации древесины из низкосортных и малоценных пород древесины. Получаемый конечный продукт приобретает технологически задаваемый спектр новых качеств.

2. Склеивание древесины с помощью клея с добавлением нанокристаллической целлюлозы.

Модифицированная древесина, обладая высокими прочностными свойствами, плохо склеивается. Недостатком известных способов склеивания модифицированной древесины является то, что они не позволяют получить клееную модифицированную древесину с прочностью клеевого соединения равного прочности самой древесины.

## **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА БЕРЁЗОВЫХ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ОБЪЁМНЫЙ ВЫХОД ЛАМЕЛЕЙ ДЛЯ КЛЕЁНОГО ЩИТА**

**Каптелкин Александр Александрович, Рыкунин Станислав  
Николаевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [kaptelkin94@mail.ru](mailto:kaptelkin94@mail.ru)

**Ключевые слова:** берёза, клеёный щит, ламель, круглые  
лесоматериалы, сучки.

Целью работы является определение площади сучков на пластьях досок в зависимости от их количества на поверхности круглых лесоматериалов и объёмного выхода ламелей из целых заготовок и заготовок для склеивания.

В зависимости от наружной сучковатости и расположении доски относительно продольной оси круглых лесоматериалов величина площади пороков на пластьях досок будет изменяться.

С увеличением сучковатости круглых лесоматериалов количество целых ламелей в 3-ей группе, по сравнению с 1-ой уменьшится в 1,47 раза и увеличится количество клеёных ламелей.

## ОЦЕНКИ НЕКОТОРЫХ СКОПЛЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ В БИОЭНЕРГЕТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Карпачев Сергей Петрович, Быковский Максим Анатольевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [karpachevs@mail.ru](mailto:karpachevs@mail.ru)

**Ключевые слова:** биоэнергетика, древесина отпада

Проблема уборки древесины отпада (ДО), его оценка и регулирование особенно актуальны для урбанизированных лесов.

Для оценки характеристик ДО был применен метод линейных пересечений. Этот метод хорошо сочетается с технологией уборки ДО с помощью лебедки и позволяет компьютеризировать процедуру оценки с заданной точностью. Трос лебедки может рассматриваться как линия отбора. Все куски ДО, лежащие на линии отбора, учитываются и являются выборкой, по которой оценивают все скопление ДО.

Исследования эффективности технологии учета и уборки ДО проводились на математической модели методами имитационного моделирования. В модели рассматривались участки леса с ДО от 5 до 50 м<sup>3</sup>/га.

Эксперименты с математической моделью позволили сделать вывод, что при объеме ДО от 5 до 50 м<sup>3</sup>/га, необходимая общая длина линий отбора для показателя точности  $P = 20\%$  находится в пределах от 6000 м до 500 м, при этом, ошибки между истинными значениями объема ДО и его оценками не превысили по абсолютной величине 12 %.

Эксперименты позволили сделать вывод, что предложенный метод позволяет вести учет ДО в лесу в цифровой форме с заданной точностью. Обладая оперативностью, этот метод позволяет регулировать объем ДО в лесу в процессе его уборки.

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОССИЙСКИХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ**

**Кирей Владимир Владимирович, Морозова Ольга Ивановна,  
Козлитина Ольга Михайловна**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [kirey-v@mail.ru](mailto:kirey-v@mail.ru)

***Ключевые слова:** экспортный потенциал, повышение  
эффективности, лесопромышленные компании*

Большинство сегментов российской лесной промышленности демонстрируют значительные темпы роста в соответствии с мировыми тенденциями. Отраслевые игроки также видят существенные перспективы дальнейшего развития ЛПК РФ. Спрос на продукцию ЛПК растет в связи с ее зачастую лучшими потребительскими свойствами, экологичностью и сравнительно низкой себестоимостью.

Вопросы ввода новых производственных мощностей, развития глубокой переработки леса и разработки инновационных продуктов из древесного сырья являются одними из наиболее приоритетных, по мнению участников отрасли. Среди основных источников финансирования в отрасли можно выделить собственные средства предприятий, заемные средства и лизинг. Такие источники инвестиций, как размещение акций на бирже и выпуск облигаций, участники отрасли практически не рассматривают в связи с ограниченным доступом к рынкам капитала.

Около 70% отраслевых предприятий прибегали к региональному и федеральному субсидированию, более 60% пользуются налоговыми льготами. Наиболее эффективными мерами государственной поддержки отрасли по мнению промышленников являются ограничения на экспорт сырья, налоговые льготы и финансовая поддержка проектов ЛПК.

Ввиду многообразия мер государственной поддержки и их различной направленности, целесообразным представляется

проведение налогоплательщиком всестороннего их анализа для правильного выбора того или иного механизма.

Среди наиболее актуальных вопросов отраслевые предприятия выделяют проблемы, связанные с транспортировкой сырья и продукции (рост тарифов на транспорт, дефицит подвижного состава, недостаточная пропускная способность железной дороги и дефицит лесовозных дорог) и нехваткой квалифицированного персонала.

Одной из причин повышения экспортного потенциала продукции отечественных лесопромышленных и деревообрабатывающих компаний может выступать повышение качества выпускаемой продукции. Для этого могут быть предложены инструменты повышения в виде организационно-методические рекомендаций по совершенствованию систем менеджмента качества согласно требованиям стандарта, ГОСТ Р ИСО 9001–2015.

## К ОЦЕНКЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ: ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА

**Кирюхина Татьяна Александровна**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [ta\\_25@bk.ru](mailto:ta_25@bk.ru)

**Ключевые слова:** *городские леса, углерод, депонирование*

Городские леса рассматриваются как урбоэкосистемы, депонирующие (связывающие) углерод, при этом уменьшаются выбросы углекислого газа в атмосферу при сжигании природного топлива. Для количественной оценки определения депонирования углерода урбоэкосистемами необходимо знать запас фитомассы насаждений. Деревья, поглощая углекислый газ в процессе фотосинтеза и, в дальнейшем, депонируя углерод в процессе своего роста, и являются поглотителями атмосферного CO<sub>2</sub>. Городские леса не только поглощают и хранят атмосферный углерод, в летний жаркий день они снижают температуру атмосферного воздуха 2-7°C и уменьшают использование энергии на кондиционирования воздуха в прилегающей застройке. Оценки накопления углерода широко варьируются в зависимости от структуры городских лесов, а именно, видового состава, возраста насаждений, бонитета, интенсивности роста деревьев, запаса биомассы и др. Поэтому необходимы исследования для уточнения этой оценки, изучения характеристик городских лесов, количественных характеристик депонирования атмосферного углерода. Правильный уход за насаждениями позволяет увеличить накопление углерода в городских лесах. Древесные растения должны выживать в экстремальных условиях города, адаптироваться и иметь хорошие показатели роста, чтобы деревья действовали как долгосрочные поглотители углерода, компенсирующие выбросы углекислого газа.

Цель работы – определить накопление углерода деревьями и кустарниками за год в насаждениях ПКиО Сокольники, оценить запасы органического углерода (живая биомасса, мертвая древесина, почва) с учетом роста древесных растений, их жизнеспособности и биомассы.

## РАСПОЗНАВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ЕЕ СВОЙСТВ

**Комаров Евгений Геннадиевич, Полещук Ольга  
Митрофановна**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [komarov@mgul.ac.ru](mailto:komarov@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** *Древесина, распознавание, нечеткий кластерный анализ, функция принадлежности, лингвистическая переменная*

Основной задачей классического кластерного анализа является разбиение множества некоторых объектов на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из близких (в определенном смысле) объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались. Алгоритмы классического кластерного анализа (k-means, метод ближайшего соседа, генетические алгоритмы, нейронные сети) хорошо зарекомендовали себя при работе с числовыми данными, а при работе с лингвистической (нечеткой) информацией формализованный подход отсутствует.

Распознавание древесины связано, как с количественными (числовыми) характеристиками, так и качественными (лингвистическими), что вносит существенную нечеткость в исходную анализируемую информацию.

Подтверждающим примером объективного наличия нечеткой информации является описание, например, листовницы – «Поздняя зона резко отличается от ранней; смоляные ходы мелкие, малочисленные; ядро красноватобурое; заболонь узкая желтоватобелая, резко отличается от ядра; древесина твердая, тяжелая». Нечеткая информация: резко отличается, ходы мелкие, малочисленные, заболонь узкая и т.д. По сути в описании присутствуют названия термов (уровней) лингвистических переменных, например, лингвистической переменной «Смоляные ходы» с термами: «отсутствуют», «мелкие», «хорошо заметные», «крупные».

Поэтому предлагается модель нечеткого кластерного анализа, в основе которых лежит формализация данных на основе лингвистических переменных, значениями которых являются нечеткие множества, формализующие значения оцениваемых характеристик.

Таким образом, с помощью такой формализации все оценочные данные приводятся к единому унифицированному виду, позволяющему оперировать не с разнородными характеристиками, а с абстрактными величинами – значениями их функций принадлежности на отрезке.

Кластерами являются виды древесных пород. Для кластеризации образцов древесины находится мера близости функций принадлежности конкретного образца и функций принадлежности эталонных показателей каждого из кластеров. Образец считается принадлежащим тому кластеру, мера близости к которому максимальна. Для определения меры близости находятся агрегирующие показатели в виде взвешенных отрезков, учитывающих все уровни нечетких множеств.

## МИКОЛИЗ ДРЕВЕСИНЫ, ЕГО ПРОДУКТЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

**Кононов Георгий Николаевич, Веревкин Алексей Николаевич,  
Сердюкова Юлия Владимировна, Зайцев Владислав  
Дмитриевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [kononov@mgul.ac.ru](mailto:kononov@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** микелиз, древесина, белая гниль, бурая гниль,  
экстрактивные вещества

Микелиз древесины – это метод ее химической деградации под действием ферментов дереворазрушающих грибов. Этот процесс, не проявивший себя в каменноугольный период, благодаря чему и были сформированы огромные запасы ископаемых углей из остатков древних древесных растений, с появлением грибов в девонский период, постепенно превращается в процесс планетарного масштаба, продолжающийся и в настоящее время.

Микелиз древесины является процессом, обеспечивающим питанием и в целом жизнедеятельность дереворазрушающих грибов, приводит к разрушению основных компонентов лигноуглеводного комплекса древесины и образованию т.н. «гнилей». В зависимости от преобладающего действия лигнолитических или целлюлолитических ферментов грибов образуется «белая» или «бурая» гнили, продукты, обогащенные соответственно лигнином или целлюлозой. Гнили являясь основным пороком древесины приводят к образованию большого количества отходов как при лесозаготовках, так и при лесопилении, так и при механической и механохимической переработке древесины.

Кроме этого, процесс деструкции лигнина и полисахаридов древесины приводит к образованию большого количества разнообразных экстрактивных веществ. Утилизация и использование продуктов микелиза древесины является актуальной задачей. Изучение компонентного состава и свойств продуктов микелиза древесины хвойных и лиственных пород предполагает использование древесины с «белой гнилью» в качестве волокнистых

полуфабрикатов высокого выхода для производства картона и некоторых видов бумаги, а так же в качестве целлюлозсодержащего сырья для химического модифицирования, а древесины с «бурой гнилью», в качестве сырья, обогащенного лигнинной составляющей с высоким содержанием углерода, в процессах её пиролитической переработки и использование для получения лигнопластиков без применения связующего. Экстрактивные вещества микологически разрушенной древесины, содержащие фенольные экстрактивные соединения, могут найти применение в качестве дубителей, комплексообразователей, сырья при получении фенопластов и т.д.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ПИРОЛИЗА МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

**Кононов Георгий Николаевич, Веревкин Алексей Николаевич,  
Сердюкова Юлия Владимировна, Зайцев Владислав  
Дмитриевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [kononov@mgul.ac.ru](mailto:kononov@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** гидролизный лигнин, микологически  
разрушенная древесина, пиролиз, уголь, модифицирование*

Одним из неотъемлемых компонентов растительной биомассы является лигнин. Однако в современных химических технологиях переработки растительной он не только не используется как органическое сырье, но и является обременительным отходом технологических процессов [1]. Поскольку уголь из гидролизного лигнина представляет мелкодисперсный порошок [2], переработка его на активированный уголь путем парогазовой активации невозможна, поскольку он выгорает в токе перегретого пара. Для структурирования гидролизного лигнина можно использовать «бурую гниль» как сырье, обогащенное ароматическими соединениями способными вступать во взаимодействие с гидролизным лигнином и структурировать его [3-5]. При этом необходимо оценить влияние технологических факторов.

Для исследования пиролиза гидролизного лигнина использовался композиционный план Бокса-Уилсона [6]. В качестве основных факторов были выбраны температура пиролиза (от 400 до 500 °С), содержание модификатора, (от 12,5 до 17,5 %), содержание углеводов в модификаторе (от 0 до 50 %). В результате обработки плана получены следующие уравнения регрессии:

Результаты статистического анализа говорят об адекватности всех полученных уравнений. При увеличении содержания модификатора увеличивается выход и содержание нелетучего углерода до определенного предела, а потом данные показатели начинают снижаться. Остаточная углеводная часть не оказывает

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

положительного влияния на выход, содержание нелетучего углерода и фракционный состав угля-сырца. Но самое главное, что уголь-сырец структурируется, как и предполагалось ранее, и приобретает форму сосуда, в котором осуществлялся пиролиз.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, ЗАЩИЩЁННЫЕ ОТ ФАЛЬСИФИКАЦИИ

Корнилов Георгий Валентинович<sup>1</sup>, Чекунин Дмитрий  
Борисович<sup>1</sup>, Цветков Вячеслав Ефимович<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт – филиал АО «Гознак»,  
Россия

<sup>2</sup> Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [nii goznak@goznak.ru](mailto:nii goznak@goznak.ru)

**Ключевые слова:** композит, фальсификат, бумага, целлюлоза,  
защита

Данная работа посвящена анализу имеющихся решений по выпуску специальных изделий, обеспечивающих как высокую защиту от фальсификации, так и увеличенный срок нахождения в эксплуатации при условиях с повышенным климатическим воздействием с одновременной оценкой возможности выпуска изделия на имеющемся оборудовании с учётом собственных специфических технологий и компетенций.

В рамках выполненной работы был изучен мировой опыт изготовления специальных полимерных изделий, защищённых от фальсификации и выполнено технико-экономическое обоснование возможности и необходимости освоения ранее разработанных технологий. По результату анализа имеющихся факторов как технологического, так и экономического характера, было принято решение о разработке оригинальной технологии ряда изделий.

В результате выполненной работы определены основные характеристики для всех используемых полуфабрикатов и технологические параметры процессов получения изделий из них. Изучены и опробованы все возможные экономически оправданные технологии получения единичных экземпляров изделий из листовых композитов. Разработаны специальные требования ко всем полуфабрикатам и композиционным конструкциям изделий, а также специфические методы контроля качества.

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

Получен международный патент на данный вид защищённой продукции «Защищённое от подделки многослойное изделие и способ его изготовления».

Результатом данной работы стала разработка технологии изготовления высоко защищенного от фальсификации изделия не имеющего прямых аналогов и обладающего преимуществами как в технологии изготовления, так и в циклах эксплуатации.

**НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ  
СТАЦИОНАРНОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ УСТАЛОСТНОМ  
РАЗРУШЕНИИ И ЕЕ ВЕРИФИКАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ  
ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ**

**Кульман Сергей Николаевич**

Житомирский национальный агроэкологический университет,  
Украина

**E-mail:** [sergiy.kulman@znau.edu.ua](mailto:sergiy.kulman@znau.edu.ua)

***Ключевые слова:** прогноз усталостного ресурса, древесные композиты, нелинейная динамика, эффект саморазогрева, анализ термоупругих напряжений.*

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования вибрационного отклика циклически нагруженных древесных плит. Исследована максимальная температура стационарного состояния зоны активации образцов древесных плит в виде жесткой консоли с циклической нагрузкой на частотах нагружения от 4,2 до 50 Гц и максимальными внутренними напряжениями от 0,98 до 5,36 МПа. Целью данного исследования является определение температуры саморазогрева и определение зависимости температуры от условий нагрузки. Математическая модель предложена в виде системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Основными переменными являются напряжение, деформация и температура. Поведение системы полностью определяется отношением введенной внешней энергии и величиной параметра порядка. Критическое значение параметра порядка зависит от теплофизических свойств материала и равно отношению значения коэффициента теплопередачи, умноженного на площадь теплового рассеяния, к коэффициенту линейного теплового расширения.

Под воздействием внешней циклической нагрузки температура в зоне активации полимерного композиционного материала постепенно увеличивается до определенного значения, а затем стабилизируется. Это говорит о том, что открытая система постепенно переходит из состояния равновесия в стационарное состояние, которое характеризуется средней температурой  $T_s$ .

Характер зависимости  $T_s$  от частоты  $f$  показывает, что температурный график имеет характерную S-образную форму, то есть обладает свойством насыщения. На низких частотах циклической нагрузки температура растет медленно, также, как и на высоких частотах. Наибольшее повышение температуры стационарного состояния происходит в области средних частот нагружения в исследуемом диапазоне частот. Все это свидетельствует о наличии и существенном влиянии внутреннего трения в материале на процессы внутренней деформации и его постепенного разрушения. Можно сделать вывод, что этот тип процессов внутреннего трения материала играет существенную роль в его саморазогреве.

Предложен стационарный критерий системы, который позволяет для каждого режима нагружения и каждого материала определять уровень устойчивости стационарного состояния системы.

Параллельно с натурным экспериментом был проведен вычислительный эксперимент на предложенной математической модели в виде неадиабатического термоупругого осциллятора. Результаты вычислительного эксперимента подтвердили математическое описание процесса деформации - разрушения полимерных композиционных материалов в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка. Анализ результатов натурального эксперимента и вычислительного эксперимента позволил сформулировать концепцию критического показателя (параметра порядка) для усталостного разрушения. Критическое значение параметра порядка зависит от теплофизических свойств материала и равно отношению значения коэффициента теплопередачи, умноженного на площадь теплового рассеяния, к коэффициенту линейного теплового расширения.

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИ ПИРОЛИЗЕ БИОТОПЛИВА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Левин Андрей Борисович, Лопатников Михаил Викторович,  
Хроменко Андрей Владимирович

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [nivel2001@mail.ru](mailto:nivel2001@mail.ru)

***Ключевые слова:** древесина, солома, торф, древесное топливо, пиролиз*

Пиролиз твердого биотоплива растительного происхождения важнейшая, стадия процесса сжигания такого топлива, а также часть технологического процесса производства биотоплива с улучшенными потребительскими свойствами. Оптимизация этих процессов и прогнозирование свойств получаемой продукции требует надежных методик расчета свойств биомассы на различных стадиях пиролиза от состояния термически необработанной массы до углерода по окончании процесса. Выполнено множество исследований, большинство которых представляют собой экспериментальное определение некоторого свойства биомассы и зависимость его от температуры и продолжительности нагрева. Имеется также значительно меньшее количество работ, в которых методами термогравиметрии исследуется связь потери массы образца с температурой и временем нагрева и связь интересующего исследователя свойства и относительной потерей массы.

В настоящей работе предлагается альтернативный метод, основанный на экспериментально подтверждаемых положениях:

1. Сухая обеззоленная масса биотоплива растительного происхождения (за исключением некоторых видов водорослей) не подвергнутая термической обработке может быть представлена условным веществом с формулой  $n(C_6O_4H_6)$ . Элементный состав твердой и газовой фаз на различных стадиях пиролиза могут быть однозначно выражены атомными отношениями (O/C) и (H/C) для каждой из фаз.

2. В процессе пиролиза биомасса всегда последовательно проходит одни и те же состояния с определенными значениями (O/C) и (H/C).

Анализ многочисленных данных по изменению элементного состава твердой фазы при пиролизе древесины позволил определить вид функции  $(H/C) = f(O/C)$ . Установлено, что эта функция хорошо описывает изменение элементного состава твердой фазы также при пиролизе биомассы травянистых растений и торфа. Показана возможность распространения этих результатов на пиролиз каменных и бурых углей. Предложены зависимости для определения высшей теплоты сгорания для твердой и газовой фазы на любой стадии пиролиза, а также выхода летучих для твердой фазы как функции атомного отношения (O/C).

## СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ В ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДАХ ПОДМОСКОВЬЯ (НА ПРИМЕРЕ Г. ЗАРАЙСКА)

Леонова Валентина Алексеевна<sup>1</sup>, Леонов Левон Аветисович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Управление по содержанию и развитию рекреационного ландшафта территории ФГБУ «Международный детский центр «Артек», Россия

**E-mail:** [leonovava@bk.ru](mailto:leonovava@bk.ru)

**Ключевые слова:** *Беспятовская роща, Зарайск, лесные культуры, пруд, дубрава*

Городские леса встречаются не только в крупных городах, но и являются составной частью экологического каркаса малых исторических поселений, которые активно используются для разнообразного отдыха горожан. Таким примером может служить Беспятовская роща в городе Зарайск в Подмоскowie.

Беспятовская роща располагается на юго-востоке Зарайска на Летуновско-Мишинской пониженной ложинно-балочной равнине. Она создана в 1952 году методом лесных культур из дуба, сосны, ели, лиственницы и березы работниками Дятловского лесничества совместно с жителями города. Она имеет достаточно сложную структуру: сосново-лиственничный участок площадью 1 га представляет собой одноярусный древостой, посаженный с шагом посадки 1x1 м и междурядьем 2 м. Насаждения имеют полноту 0,6 и состав 5С4Лт1Б.

Прибрежная часть, в районе пруда, площадью 3 га имеет разноярусный древостой с подлеском из лещины обыкновенной, бузины красной, рябины обыкновенной, бересклета европейского и малины лесной. Напочвенный покров в данном биоценозе представлен гравилатом, чистотелом, зеленчуком, пустырником, подорожником, крапивой, земляникой. Насаждения имеют полноту 0,6 и состав 7Лт2С1Д.

Пруд, который создан в складке рельефа путем запруды с помощью плотины, образовал полуостров, на котором сохранились

остатки естественной дубравы в удовлетворительном состоянии с полнотой 0,5 и подлеском из лещины обыкновенной.

Остальная часть рощи представлена лесными культурами из сосны, ели и березы примерно в равных пропорциях.

Площадь Беспятовской рощи составляет 46 га, и она играет огромную роль в современной жизни малого города с численностью жителей – 23000 человек. Это любимое место отдыха горожан, где летом активно купаются дети, в течение всего года отдыхают различные возрастные группы населения, а молодежь проводит не только районные, но и областные спортивные соревнования.

## ПОЛУЧЕНИЕ БИОТОПЛИВА ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ОТХОДОВ

Леонтьев Павел Константинович, Зарубина Анжелла  
Николаевна, Иванкин Андрей Николаевич

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

E-mail: [zarubina@mgul.ac.ru](mailto:zarubina@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** биотопливо, химическая переработка  
отходов, талловое масло, биодизель, карбоновые кислоты

Возобновляемые ресурсы лесного комплекса представляют сегодня повышенный интерес для возможности получения жидкого топлива технических устройств. Эффективным видом такого топлива, является смесь алкиловых эфиров жирных кислот, получаемых в основном из рапсового масла. Продукты под названием биодизель в последнее время используются в чистом виде или в качестве добавок к минеральному топливу автомобильных и авиационных двигателей марок B2, B10, B100.

Химическая переработка лесных ресурсов при производстве бумаги приводит к получению значительного количества отходов, в том числе так называемого таллового масла, образующегося при сульфатной варке целлюлозы. В талловом масле, содержится до 40–45% смоляных кислот (палюстровая, нео-, дигидро- и тетрагидроабетиновая), 40% ненасыщенных кислот, 12% неомыляемых веществ (алифатические и дитерпеновые углеводороды, фито-, кампостерины, спирты и аналоги), а также до 5% оксикарбоновых кислот, которые могут быть переработаны в жидкое биотопливо.

Цель работы – разработать методологию переработки таллового масла в жидкие виды моторного топлива.

В качестве объектов исследования использовали жирные кислоты таллового масла по ГОСТ 14845. Обработку осуществляли путем каталитического нагревания сырья с метанолом или этанолом.

Переработка природных липидов спиртами протекает многостадийно с первоначальным отщеплением жирных кислот и

последующей их этерификацией. Проведение процесса позволяло получать биотопливный продукт с выходом 75–85%.

Полученный биодизель может использоваться в виде топлива для форсунок миникотельных или в дизельных двигателях. Он отличается более высоким, цетановым числом, что обеспечивает плавное нарастание давления при сжигании, снижает износ применяемых устройств, а также характеризуется меньшим количеством вредных выбросов в атмосферу по сравнению с минеральным топливом.

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ДРЕВОСТОЯ И ТИПА ЛЕСА НА СТРОЕНИЕ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ СОСНЫ

**Ломов Виктор Дмитриевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [lomov@mgul.ac.ru](mailto:lomov@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** *Состав древостоя, тип леса, годичный слой*

Предметом исследований послужили естественные сосново-березовые насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающие в Белоомутском лесничестве. Вариантами опыта были естественные сосново-березовые насаждения при их совместном произрастании в древостоях разного состава: 10С, 8С2Б, 5С5Б и 8Б2С. При анализе ширины годичных слоев в типе леса сосняк-брусничник наблюдаем, что наибольшая ширина годичного слоя – 1,10 мм формируется при составе 8С2Б. Наименьшая ширина годичного слоя – 0,41 мм формируется в насаждении, где преобладает береза, т.е. в насаждении 8Б2С. Разница между шириной годичных слоев состава 8С2Б и 8Б2С составляет 0,69 мм. В типе леса сосняк-черничник свежий в 15-летних естественных насаждениях наибольшей шириной годичного слоя обладает древостой состава 8С2Б (1,40 мм). Наименьшая же ширина годичного слоя наблюдалась при составе 8Б2С (0,47 мм). Разница между шириной годичных слоев при составе 8С2Б и 8Б2С составляет 0,93 мм.

В типе леса сосняк-черничник влажный в 15-летних насаждениях наибольшая ширина годичного слоя у древостоя 8С2Б – 1,12 мм, а наименьшая – в составе 8Б2С. Разница между ними составляет 0,7 мм. Анализируя ширину годичных слоев 15-летних насаждений сосны, можно сделать вывод, что наибольшей шириной обладают древостои состава 8С2Б в типе леса сосняк-черничник свежий (1,40 мм).

Можно сделать вывод, что во всех исследуемых типах леса (сосняки-брусничники, черничники свежие и влажные) в смешанных древостоях из сосны и березы, более широкие годичные слои древесины сосны формируются в древостое состава 8С2Б. В

чистых же сосновых древостоях ширина годичных слоев древесины сосны меньше, чем в древостоях состава 8С2Б.

Подводя итог, можно сделать вывод, что наибольшая ширина годичного слоя древесины сосны при совместном произрастании с березой наблюдается в типе леса сосняк-брусничник. Соответственно, данный тип леса в этом случае является наиболее продуктивным.

## ЛАКОВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Любавина Ирина Владимировна<sup>1</sup>, Зарубина Анжелла  
Николаевна<sup>2</sup>, Иванкин Андрей Николаевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ПАО «Сибур Холдинг», Россия

<sup>2</sup> Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

E-mail: [zarubina@mgul.ac.ru](mailto:zarubina@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** древесина, полимеры, защитные покрытия,  
древесные материалы, лакокрасочные материалы*

В статье обсуждаются принципы формирования защитных покрытий древесных материалов с использованием природных и синтетических полимеров. Показана взаимосвязь физико-химических свойств полимерных материалов и качества пленочных покрытий древесины.

Древесина состоит преимущественно из органических веществ и подвергается разрушению под воздействием различных факторов окружающей среды, в том числе и микроорганизмов. Защитить древесину и сохранить ее естественную красоту помогают лаки. В настоящее время на российском рынке представлены десятки производителей лакокрасочных материалов и тысячи марок различных лаков для отделки древесины, которые придают декоративные свойства и обеспечивают практичность и долговечность изделий.

Однако специфические свойства и особенности строения древесины часто требуют проведения дополнительных испытаний, связанных с составом лаковых композиций, с методами их нанесения и т.д. Кроме того, изучается возможность замены синтетических лаков, растворимых в органических растворителях, на экологически более безопасные натуральные масла и лаки на водной основе.

Для исследования были выбраны синтетические и натуральные лаки, растворимые в органических растворителях и водоразбавляемые композиции, а также покрытия с различным типом пленкообразователя разной химической природы. По

результатам сравнительного анализа исследуемых покрытий был сделан вывод, что использование водоразбавляемых и водно-дисперсионных композиций лакокрасочного назначения, а также натуральных масел и воска позволяет получать поверхности высокого качества. Их применение снижает пожароопасность и токсичность производства по сравнению с лаками на органических растворителях. Кроме того, при нанесении масла на поверхность древесины, ее поры остаются открытыми, и покрытие «дышит». Древесина – натуральный материал и для ее отделки следует использовать природные экологически безопасные составы.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ТОРРЕФИЦИРОВАННЫХ ПЕЛЛЕТ ОТ ПАРАМЕТРА ЖЕСТКОСТИ РЕЖИМА ОБРАБОТКИ

Макаренко Дмитрий Сергеевич, Горбачев Н. М., Козначеев  
Иван Алексеевич

Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси,  
Минск

**E-mail:** [dmitriy.makar.95@mail.ru](mailto:dmitriy.makar.95@mail.ru)

***Ключевые слова:** торрефикация, термомодификация, низкотемпературный пиролиз, критерий жёсткости, древесные пеллеты*

Торрефицированные пеллеты являются наиболее совершенным видом биотоплива. В настоящее время ведется поиск оптимальных способов получения этого топлива из различного сырья – древесины, соломы, торфа, твердых бытовых отходов. Широкое распространение этого вида топлива сдерживается низкой теплотой сгорания. Одним из путей повышения теплоты сгорания древесных топливных гранул является низкотемпературный пиролиз (торрефикация). Поэтому актуальной задачей является разработка методики, которая позволяет определить зависимость качества топлива от режимных параметров термической обработки и свойств сырья.

В представленной работе предложена такая методика, основанная на использовании так называемого фактора жесткости режима, аналогичного критерию жесткости  $R$ , который применяют в технологии гидролиза древесины для оценки степени превращения в ходе физико-химических процессов. Критерий жесткости построен на основе формулы Аррениуса в предположении гомогенной реакции нулевого порядка для достаточно узкого диапазона температур, что позволяет ввести температурный фактор  $\omega$ , который имеет смысл величины повышения температуры обработки, позволяющей уменьшить время обработки в  $e$  раз без изменения эффекта. Для определения температурного фактора необходимо определить энергию активации реакции разложения. По упрощенной методике методом изотермического нагрева была определена энергия активации с помощью данных об убыли массы

при разложении материала в муфельной печи при заданных температурах. Был построен температурный фактор, входящий в критерий жесткости режима термической обработки. Предполагается, что зависимость потребительских свойств от критерия жесткости режима может быть использована для подбора режимных параметров термической обработки для управляемого изменения потребительских свойств обрабатываемого материала при производстве торрефицированных пеллет и термомодификации древесины.

## ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ РОСТА ЛИСТВЕННОЧНО-ЕЛОВЫХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

Маликов Александр Николаевич

Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область,  
Россия

E-mail: [klevenivo1988@mail.ru](mailto:klevenivo1988@mail.ru)

**Ключевые слова:** динамика, лиственница, ель, лесные культуры, Карл Францевич Тюрмер

Образцом для развития цифровой экономики в лесном комплексе является система лесоуправления и лесовосстановления заложенная лесоводом-классиком Карлом Францевичем Тюрмером в XX веке. Объект исследований – искусственное насаждение смешанных лесных культур лиственницы и ели, созданных К.Ф. Тюрмером в 1863 г. путём посадки двухлетних сеянцев лиственницы европейской судетского происхождения и трёхлетних сеянцев местной ели европейской.

Характерной особенностью лиственнично-еловых культур является лидирующее преимущество лиственницы не только по значениям средних высот и диаметров, но и по продуктивности. Максимальный запас у лиственницы, как основного компонента насаждения, был зафиксирован в возрасте 143-х лет и составил – 1318 м<sup>3</sup>/га. Ель изначально отставала в росте по высоте от лиственницы. Однако, в отличие от ели второго яруса, рост по высоте был стабильно синхронен (особенно в возрасте 50-110 лет) по отношению к пологу лиственницы. В целом ель, как компонент искусственного дендроценоза, положительно укрепляла вертикальный профиль насаждения.

За последние 15 лет произошло снижение текущего прироста, как по высоте лиственницы, так и по диаметру. Причём по среднему диаметру очень существенно: по сравнению с периодом 1997-2004 гг. в 4,4 раза. Текущий прирост по запасу стволовой древесины за последние 15 лет стал отрицательным (-1,47 м<sup>3</sup> в год). Всё это свидетельствует, что данное искусственное насаждение лиственницы вступило в фазу распада. Отпад деревьев лиственницы идёт как по низовому, так и по верховому характеру. Последний происходит при сильных, и тем более, ураганных ветрах,

вызывающих вывал хорошо развитых, но более высоких деревьев. Этому процессу способствует негативная деятельность трутовика Швейница.

Таким образом, тип лиственнично-еловых лесных культур с пониженной густотой посадки способствует формированию высокопроизводительных насаждений, достигающих запаса стволовой древесины свыше  $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ .

## ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ ЗА 12-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД В НИКОЛЬСКОЙ ЛЕСНОЙ ДАЧЕ

Мельник Любовь Петровна

Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область,  
Россия

**E-mail:** [lyubov.melnik.93@mail.ru](mailto:lyubov.melnik.93@mail.ru)

***Ключевые слова:** естественное возобновление, динамика, простая свежая суборь, Никольская лесная дача, Подмосковьё*

Для успешного развития цифровой экономики в лесном комплексе России первостепенное значение имеет экология возобновления леса. Подрост, даже если он не используется для лесовозобновления, всегда показывает устойчивость и жизненность древесных пород, особенно это важно для пород интродуцентов, одной из которых на Русской равнине, является лиственница (Тимофеев, 1965). В условиях Щёлковского учебно-опытного лесхоза лиственница европейская ценная порода, показывающая высокую продуктивность и устойчивость (Мельник, Карасев, 2005).

Исследования динамики естественного возобновления лиственницы европейской проводились в период с 2007 по 2018 гг. В 2007 году, среди учтённого самосева, наибольшим количеством была представлена ель 26,8 тыс. шт./га, затем следовали сосна – 24,5 тыс. шт./га, лиственница – 21,6 тыс. шт./га, осина – 4,0 и берёза – 3,1 тыс. шт./га. В 2012 и 2015 гг. после выполнения сплошных учётов, проводились рубки ухода за хвойными породами.

За период наблюдений, среднее количество лиственницы сократилось почти в четыре раза, с 21,6 до 5,5 тыс. шт./га, при минимальном значении 400 шт./га и максимальном 16,8 тыс. шт./га на опытных секциях. По данным учёта 2018 г., естественное возобновление лиственницы наиболее успешно проходит на секции Б – 27,8% в составе, среднее количество – 10,7 тыс. шт./га.

По данным учёта, выполненного в 2018 г. количество по породам представлено следующим образом: ель 16,1 тыс. шт./га, лиственница – 5,5 тыс. шт./га, остальные – меньше 2,0 тыс. шт./га. В целом, состав естественного возобновления на пробной площади

– 6Е2Л1Б1Р+Ос+С ед. Ив, при количественной характеристике – 27,8 тыс. шт./га.

Динамика естественного возобновления показывает, что после проведения двух приёмов рубок ухода на объекте исследований, наблюдается появление самосева ели под основным пологом, лиственница европейская сохраняет вторые позиции.

## ДИНАМИКА ЛЕСНОГО ФОНДА НИКОЛЬСКОЙ ЛЕСНОЙ ДАЧИ ЗА 130-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Мельник Петр Григорьевич<sup>1,2</sup>, Вронская Алла Михайловна<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область,  
Россия,

<sup>3</sup> BMG TRADA Certifying AB, Göteborg, Sweden

**E-mail:** [melnik\\_petr@bk.ru](mailto:melnik_petr@bk.ru)

***Ключевые слова:** динамика, лесной фонд, возрастная структура, Никольская лесная дача, Подмосковье*

Никольская лесная дача в Щёлковском учебно-опытном лесхозе представляет собой уникальнейший лесоводственный объект и может служить образцом для развития цифровой экономики в лесном комплексе. Благодаря сохранившимся данным проводимых лесоустройств, удалось выполнить ретроспективный анализ динамики лесного фонда Никольской лесной дачи с 1872 г. по 2004 г., который показывает, что первоначально преобладали мягколиственные породы, ель и сосна занимали второстепенные позиции. Благодаря правильному ведению лесного хозяйства, к 1954 г. и по настоящее время хвойные занимают преобладающее место (Мерзленко, Мельник, 2015).

Породный состав лесов Никольской лесной дачи на 74,5% представлен хвойными и на 24,9% мягколиственными породами, причём за 10-летний период доля последних увеличилась на 2,9%, а площадь, занимаемая хвойными породами, за это время сократилась на 119 га. Начиная с 1974 года, наблюдается неуклонное уменьшение площадей, занимаемых сосной, за 40-летний период она уменьшилась на 150,7 га или на 16,5%, что является следствием предпочтения ели как главной породы в лесокультурной практике Щёлковского учебно-опытного лесхоза. Лесоустройством 1994 года зафиксировано только 0,4 га молодняков сосны I класса возраста, хотя их резкое сокращение, почти в 3 раза, отмечено еще при лесоустройстве 1984 года. Площадь ельников за 20-летний период сократилась на 119 га, или на 8,7%.

В динамике возрастной структуры хвойных лесов наблюдается асимметричность распределения древостоев сосны по группам возраста, молодняки занимают 2,7% площади, средневозрастные – 6,1%, приспевающие – 13,0%, спелые и перестойные – 78,2%. Возрастная структура ельников лучше: молодняки занимают 21,6% площади, средневозрастные – 9,1%, приспевающие – 18,9%, спелые и перестойные – 50,4%. Негативными особенностями динамики хвойных пород Никольской лесной дачи, является сокращение площади молодняков и увеличение спелых и перестойных насаждений.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ РАЗНОЙ ГУСТОТЫ ПОСАДКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАСУХИ**

**Перевалова Евгения Александровна**

Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область,  
Россия

**E-mail:** [perevalva.evgenija@rambler.ru](mailto:perevalva.evgenija@rambler.ru)

***Ключевые слова:** поздняя древесина, засуха, сосна, лесные культуры, простая свежая суборь, густота посадки*

Залогом успешного развития цифровой экономики в лесном комплексе является получение качественной древесины. О том, что погодные условия сказываются на приросте древесных пород, было известно в XIX веке (Бекетов, 1868). Наиболее отчётливо такие изменения проявляются в крайне засушливые периоды. Поэтому нами была поставлена задача выявить последствия засухи 2010 и 1972 гг. на результаты камбиальной деятельности сосны, произрастающей в лесных культурах, созданных разной густоты посадки.

В качестве объекта исследований были взяты культуры сосны IV класса возраста, произрастающие в простой свежей субори (B2) на территории Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН.

Засуха 1972 года началась еще в процессе формирования ранней древесины, однако наиболее сильно она сказалась на поздней древесине. Ранняя древесина потеряла 25,4 и 31,4% на пробных площадях с густотой посадки 8 и 32 тыс.шт./га, за исключением варианта с густотой посадки 2 тыс.шт./га, где произошло не только восстановление, но и увеличение ширины ранней древесины на 10,7%. Наибольшее уменьшение поздней древесины на объекте с густотой посадки 32 тыс.шт./га – на 18,5%.

Влияние засушливого 2010 года проявилось на следующем 2011 году. Особенно отчетливо это видно в культурах с густотой посадки 8 и 32 тыс.шт./га. В 2010 году процент ранней древесины на пробных площадях с густотой посадки 8 и 32 тыс.шт./га уменьшился – на 12,7 и 5,9%, за исключением пробной площади с густотой посадки 2 тыс. шт./га, где произошло увеличение на 1,5 %.

Таким образом, засушливые годы наиболее сильно сказываются на ширине годичного слоя в лесных культурах с повышенной густотой посадки (8 и 32 тыс. шт./га), насаждения с густотой посадки 2 тыс. шт./га успешно восстанавливают ширину годичного слоя.

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ НАНОКОМПОЗИТНЫМИ СОСТАВАМИ

**Покровская Елена Николаевна**

Национальный исследовательский «Московский государственный  
строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия

**E-mail:** [elenapokrovskaya@bk.ru](mailto:elenapokrovskaya@bk.ru)

***Ключевые слова:** древесина, модификация, нанокompозитные составы, увеличение прочности, огнестойкости, водостойкости*

В настоящее время при создании новых полимерных строительных материалов все чаще используются нанотехнологии. Одним из наноразмерных модификаторов являются углеродные нанотрубки (УНТ). Включение УНТ в защитный состав повышает несущую способность деревокомпозитных балок. Увеличение огнестойкости, водостойкости и биостойкости при модифицировании древесины нанокompозитными составами не исследовано. Важным требованием модификации древесины является недопущение ее утяжеления. В данной работе разработаны нанокompозитные составы для поверхностного модифицирования древесины с созданием комплексных защитных свойств, что не повышает массу древесных конструкций.

В качестве наноразмерных материалов использовались УНТ и наноразмерный золь кремнезема, которые включались в состав сэндвичевого покрытия. Первым его слоем являлось фосфорорганическое соединение (ФОС), а вторым слоем – наноразмерные УНТ или золь кремнезема. Изучение поверхностного слоя модифицированной древесины проводилось с помощью двухлучевого электронного микроскопа DualBeam. Разработанное покрытие переводит древесину в разряд трудногорючих материалов с высокой водостойкостью, биостойкостью и прочностью. Использование этих покрытий является перспективным при развитии многоэтажного домостроения.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

**Провин Кирилл Николаевич**

Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область,  
Россия

**E-mail:** [les.k91@mail.ru](mailto:les.k91@mail.ru)

**Ключевые слова:** охрана лесов, пожары, особо охраняемые природные территории, заповедники, национальные парки

Успешному переходу к цифровой экономике способствует надежная система охраны лесов от пожаров. В соответствии с Лесным кодексом все леса подлежат охране. Охрана лесов от пожаров включает в себя выполнение мер пожарной безопасности и тушение пожаров в лесах.

На территории России создано 310 особо охраняемых природных территорий федерального значения (далее – ООПТ), в том числе 110 заповедников, 56 национальных парков, 60 государственных природных заказников, 17 памятников природы и 67 дендрологических парков и ботанических садов. Общая площадь земель, занятых ООПТ, составляет 71,6 млн. га.

Вместе с тем, ежегодно остается высокий уровень угрозы возникновения лесных пожаров на территории земель ООПТ, где обитают уникальные виды животных и растений. Особую актуальность эта ситуация приобрела в Байкальской природной территории и в Амурской области. По данным ФБУ «Авиалесоохрана», в 2019 году на территории ООПТ зарегистрировано 170 лесных пожаров на площади 22,9 тыс. га. Для справки в 2018 году на землях ООПТ возникло 122 лесных пожара на площади более 100 тыс. га.

При этом, в настоящее время, ответственный федеральный орган исполнительной власти, за тушение лесных пожаров на землях ООПТ федерального значения, не определен. Администрации ООПТ действуют по собственному усмотрению. Кроме того, на федеральном уровне не утверждены нормативы обеспеченности администраций ООПТ силами пожаротушения, пожарной техникой

и оборудованием, противопожарным снаряжением и инвентарем, иными средствами предупреждения и тушения лесных пожаров.

Учитывая, что территории земель ООПТ, включают в себя различные особенности специального охранного режима, природные ландшафты, а также в целях сохранения растительного и животного мира, уникальных экологических систем необходимо разработать указанные нормативы, для каждой ООПТ с учетом ее лесорастительных, климатических и пожароопасных условий.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МЕХАНИЗАЦИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ В РОССИИ

Прохоров Леонид Николаевич<sup>1</sup>, Котов Алексей  
Александрович<sup>2</sup>, Шадрин Анатолий Александрович<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Лесинвест», Россия

<sup>2</sup> Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [shadrin@mgul.ac.ru](mailto:shadrin@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** механизация лесохозяйственных работ, проблемы отрасли, перспективы развития, система технологий и машин, специальное лесохозяйственное машиностроение*

В работе дан анализ технической оснащенности лесного хозяйства России, современного состояния рынка материально-технических ресурсов в лесном хозяйстве и разработана система и модель прогнозирования развития рынка материально-технических ресурсов и предложены конкретные пути технического оснащения отрасли на дальнейший период.

Указаны причины, сдерживающие развитие лесного комплекса, это:

- недостаточная инновационная и инвестиционная деятельность в лесном комплексе;
- несоответствие развития российского лесного машиностроения задачам развития лесного комплекса;
- низкий уровень развития производственной дорожно-транспортной и социальной инфраструктуры;
- кадровые проблемы, обусловленные низкой по отношению к другим отраслям оплатой труда работающих.

Авторы предлагают конкретные мероприятия в увязке с Лесным кодексом, изменившим институциональную среду для всех участников лесных отношений.

Среди конкретных мероприятий для технологического и технического переоснащения лесного хозяйства на всех уровнях является разработка технической политики отрасли и создание специального лесохозяйственного машиностроения на базе предлагаемой «Системы технологий и машин (СТМ) для

комплексной механизации лесного хозяйства и защитного лесоразведения в рыночных условиях».

В статье указывается на необходимость государственного регулирования процессов, связанных с механизацией лесохозяйственных работ.

Статья содержит конкретные факты, взятые из официальных источников: Росстата, Рослесхоза, научных отчетов НИИ, публикаций в монографиях и журналах лесного профиля.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЗНОГО УЗОРЧЬЯ, КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ И ВОЗРОЖДЕНИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДЕКОРА РУССКОЙ ДЕРЕВНИ**

**Резанов Леонид Владимирович**

Школа №1579, Москва, Россия

**E-mail:** [rezanov61@mail.ru](mailto:rezanov61@mail.ru)

***Ключевые слова:** деревянный декор, проектирование, резное узорочье*

Модный сайдинг и иные материалы закрыли прежнее очарование русской избы. По большей части мы окружены обыденным пейзажем.

В произведениях народного искусства, созданных для себя или своей среды, наши предки непосредственно выражали мысли и чувства, особенности быта и природной среды.

Резьба по дереву как форма художественно-эстетической деятельности носила утилитарный характер. Именно в древесине человек учился выражать свои мысли и чувства, создавая тем самым предпосылки к зарождению искусства.

Пропильная резьба— живая и слабо развивающаяся форма народного художественного творчества в настоящее время.

В российском образовании есть опыт погружения в историческую реальность сегодняшнего дня.

Эта образовательная деятельность укладывается в обоснованный алгоритм педагогической работы и делится на полевые работы и обработку материалов:

1. Организация этнографической экспедиции школьников в один из регионов России;
2. Проведение пленэра;
3. Фотографирование объекта в целом и отдельных фрагментов;
4. Составление описания деревни и месторасположения;
5. Изготовление чертежа фрагмента резьбы;
6. Изготовление шаблона фрагмента;
7. Изготовление модели резьбы;
8. Отражение проведённой работы в отчётах экспедиции.

Эта работа усилит представление подрастающего поколения об истинном народном искусстве, его тончайшей технике и

необходимом инструментарии, представлениях и предпочтениях наших предков, сумевших посредством архитектурного языка передать всю палитру своих чувств и технологий. Тем самым этот образный язык не только сохранится в памяти, а заложит прочный фундамент восприятия всей культуры родного Отечества. А современные способы графической обработки позволят сохранить эти бесценные материалы для будущего.

## К ВОПРОСУ СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЛЕСКА ПРОЗРАЧНЫХ ЛАКОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДРЕВЕСИНЕ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛАХ

**Рыбин Борис Матвеевич, Завражнова Ирина Анатольевна,  
Рыбин Дмитрий Борисович**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [rybin@mgul.ac.ru](mailto:rybin@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** блеск покрытия, светлота древесины,  
стандартизация метода*

В настоящее время в отечественной практике возникла необходимость для пересмотра государственного стандарта на метод определения блеска прозрачных лаковых покрытий на древесине. Предусмотренные в стандарте методы оценивают блеск только высокоглянцевых и глянцевых покрытий. Оценка блеска матовых покрытий стандартом не предусмотрена. Приборная база для оценки блеска высокоглянцевых и глянцевых покрытий отсутствует. Кроме того, существующий отечественный стандарт не использует методики определения блеска в гармонизации с существующими в мировой практике.

Учитывая приведенные доводы, в основу разработки государственного стандарта на метод определения блика высокоглянцевых, глянцевых и матовых покрытий был положен стандарт ИСО2813: 1994. В нем предусматривается использование блескомеров с различными углами падения-отражения света 20°, 60° и 85°.

Известно, что при определении блеска покрытий на древесной подложке необходимо корректировать показания блескометров на светлоту древесины. Это вызвано тем, что на фотоприемник попадают не только лучи, отраженные поверхностью контролируемого покрытия, но и лучи, прошедшие прозрачное покрытие и отраженные древесной подложкой. Для учета влияния светлоты поверхности древесины предлагается в стандарте использовать блескомер с углом падения-отражения света 45°. С помощью него будет возможно определить диффузную

составляющую отраженного света от поверхности древесины и скорректировать по ней показания блескомеров. Для блескомера на  $20^\circ$ , используемого для определения блеска высокоглянцевых покрытий, такая коррекция показаний составит 20% от величины диффузной составляющей. Для блескомера на  $60^\circ$ , используемого для определения блеска глянцевых покрытий, коррекция показаний составит 10% от величины диффузной составляющей. Блескомер на угол  $85^\circ$  предлагается для оценки блеска матовых покрытий. Его показания не корректируются на светлоту древесины, так как при таком угле падения – отражения света величина диффузной составляющей от древесины незначительна.

Унификация методик определения блеска прозрачных покрытий, использование равнозначных блескомеров, а также проработка факторов, оказывающих влияние на точность приборной оценки, делает предлагаемый государственный стандарт конкурентно способным как в отечественной, так и в зарубежной практике для оценки качества покрытий.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДРЕВЕСИНЫ С ЗАЩИТНО- ДЕКОРАТИВНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

**Санаев Виктор Георгиевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [rector@mgul.ac.ru](mailto:rector@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** *древесина, отделка, защитно-декоративные покрытия, реология, внутренние напряжения, адгезия*

Абсолютное большинство изделий из древесины проходят, как правило, обработку жидкими защитно-декоративными материалами для улучшения их эксплуатационных свойств и повышения долговечности конструкций в целом и отдельных элементов. При этом формируются поверхностные слои древесины, пропитанные отделочными материалами. В процессе пропитки и, особенно на стадии отверждения лакокрасочных материалов, происходят серьезные физико-химические преобразования в поверхностных слоях древесины. Возникает, по существу, слой древесины, модифицированный отверждёнными полимерными композициями, изучение поведения которого является предметом наших исследований.

Эти граничные слои, точнее, процессы, которые там происходят, являются ответственными за возникающие внутренние напряжения, адгезионную прочность и другие физико-механические свойства. В свою очередь, эти характеристики определяют длительность сохранения эксплуатационных свойств изделий из древесины. Прочность адгезионного взаимодействия, определяемая особенностями химического состава и структурой поверхности древесины, оказывает значительное влияние на величину и характер распределения внутренних напряжений, и долговечность покрытий.

Установлено, что микронеровности поверхности древесины, вызванные особенностями ее анатомического строения и процессами механической обработки, являются причиной значительных концентраций напряжений в покрытии.

Именно в областях с повышенным напряжением и происходит ускоренный ход разрушения. Эти области не ограничиваются одной

связью, а имеют макро-размеры (большая группа связей). Поэтому процесс разрушения в условиях геометрической концентрации напряжений, можно рассматривать как полуплокализированный, но с активационным объемом, порядка атомного.

Совокупность органических веществ, слагающих клеточные оболочки древесины, представляет собой комплекс природных полимеров. Поэтому под действием напряжений, возникающих в древесине (как от внешнего воздействия, так и от внутренних напряжений при формировании покрытия), как и в любом другом полимере, проявляются упругие, высокоэластические и вязко-текучие деформации. Для описания таких деформационных процессов был использован аппарат реологии.

При кратковременных нагрузках древесина обладает свойствами сравнительно жесткого малодеформируемого тела. При увеличении времени действия нагрузок древесина ведет себя как весьма податливое тело, деформации которого довольно велики.

Было установлено, что под действием постоянной нагрузки, кроме собственно упругой деформации, появляющейся в древесине мгновенно после приложения нагрузки, с течением времени развиваются эластические и остаточные деформации. Упругие и эластические деформации составляют обратимую часть общих деформаций. Они исчезают после снятия нагрузки (упругие – сразу, а эластические – по истечении некоторого времени).

Остаточные деформации (необратимая часть общих деформаций) сохраняются в древесине после снятия нагрузки при длительной выдержке в среде с постоянной температурой и влажностью.

Таким образом, полученные данные по поведению граничных слоев древесины в контакте с полимерными покрытиями, позволяют точнее прогнозировать долговечность самих защитно-декоративных покрытий и регулировать технологические процессы отделки древесины с целью улучшения эксплуатационных свойств изделий.

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

**Санаев Виктор Георгиевич, Щербаков Евгений Николаевич**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [rector@mgul.ac.ru](mailto:rector@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** цифровые технологии, компетенции, профессиональные стандарты, образовательные стандарты, образовательные программы*

С развитием цифровых технологий, перед работниками лесного комплекса будут возникать задачи получения различных новых навыков и компетенций, позволяющих работать со сложными цифровыми системами, автоматизированным оборудованием, системами автоматизированного проектирования, геоинформационными системами, технологиями, обеспечивающими контроль и оптимизацию технологических процессов, процессами управления качеством продукции в лесной отрасли.

Новый технологический уклад в отличие от предыдущего, характеризуется постоянно изменяющейся средой и от современного работника требуется не штатное поведение, а креативный подход. Цифровизация лесного комплекса потребует больше специалистов, которые уверенно пользуются информационными и цифровыми технологиями, потребует создания новых образовательных стандартов и программ, учитывающих насущные потребности отрасли, базирующихся на созданных отраслевым сообществом профессиональных стандартах.

В нашей стране создана Национальная система развития квалификаций. Действует отраслевой совет по профессиональным квалификациям в целлюлозно-бумажной, мебельной и деревообрабатывающей промышленности. Разработаны более 60 профессиональных стандартов для профессий рабочих и специалистов лесного комплекса, учитывающих, в том числе, новые цифровые технологии, связанные с автоматизацией и

автоматизированным проектированием производств, управлением качеством лесопродукции и др.

На базе Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2016 году создан Научно-методический совет по лесному хозяйству Федерального учебно-методического объединения в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство.

В рамках НМС по лесному хозяйству действуют рабочие группы по направлениям подготовки бакалавров и магистров 35.03.01, 35.04.01 Лесное дело, 35.03.02, 35.04.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, 35.03.10, 35.04.09 Ландшафтная архитектура. Деятельность рабочих групп НМС направлена, в первую очередь, на создание востребованных образовательных стандартов и программ. Разработанные при участии рабочих групп НМС образовательные стандарты высшего образования прошли экспертизу профессионального сообщества и вступили в действие.

Проекты примерных основных образовательных программ опубликованы для обсуждения в Реестре примерных основных образовательных программ высшего образования Минобрнауки России. Новые образовательные программы направлены на формирование у выпускников вузов компетенций, учитывающих запросы отрасли, потребности цифровой экономики лесного комплекса.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ

Сарапкина Елена Владимировна

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [sarapkina.1991@mail.ru](mailto:sarapkina.1991@mail.ru)

**Ключевые слова:** городские леса, адаптация, методы оценки

Для улучшения условий проживания в городах-мегаполисах разрабатываются экологические программы, направленные на сохранение городских лесов и восстановления их биоразнообразия. Городские леса способствуют поддержанию природно-ресурсного потенциала урбоэкосистем. Современные стратегии активного управления природными ресурсами включают несколько направлений практического применения оценок экосистемных услуг в городе.

Для разработки оценки экосистемных услуг городских лесов необходимо исследовать множество показателей, связанных с устойчивостью древесных растений и их адаптацией в экстремальных условиях.

В 2019 г. мы провели исследования на ООПТ г. Москвы – «Серебряный бор», «Долина реки Сетунь». Памятник природы «Серебряный бор» – природная территория, на которой представлены уникальные, редкие, хорошо сохранившиеся типичные объекты живой или неживой природы, имеющие повышенную природоохранную, познавательную и историко-культурную ценность и значимость в масштабах всего города. Природный заказник «Долина реки Сетунь» образован с целью охраны природных и историко-культурных комплексов, естественных ландшафтов, сохранения или восстановления природных комплексов, биологического разнообразия или отдельных видов растений и животных, поддержания рекреационного потенциала природных территорий в пределах города.

Мы определяли удельную поверхностную плотность листьев (УПП) или сухой вес 1 см<sup>2</sup> поверхности листьев. Удельная поверхностная плотность листьев характеризует светолюбие, адаптацию растений к неблагоприятным условиям среды и общее физиологическое состояние растений. Через этот показатель можно косвенно судить об интенсивности фотосинтеза деревьев и их продуктивности.

Полученные количественные показатели удельной поверхности листьев древесных растений будут использованы для расчета поглотительной и пылефильтрующей способностей насаждений ООПТ, а также для определения площади кроны дерева, с учетом экологической пластичности видов.

## ЛАТЕКСЫ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ДРЕВЕСИНЫ

**Сашина Дарья Олеговна, Зарубина Анжелла Николаевна**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [zarubina@mgul.ac.ru](mailto:zarubina@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** *древесина, акриловые латексы, стирол-акриловые латексы, полиуретановые латексы, отделка*

Тенденция развития лакокрасочной индустрии направлена на создание и использование систем, не выделяющих при высыхании токсичных органических растворителей. Предлагается для отделки поверхности изделий из натуральной древесины использовать водные дисперсии синтетических полимеров – латексы.

Размеры дисперсных частиц латексов позволяют не только получать пленку на поверхности древесины, но и обеспечивают их проникновение в поры древесины, защищая ее как от факторов внешней среды, так и от биоразрушения.

Как показали результаты проведенных анализов, выбранные для исследования марки акриловых, стирол-акриловых и полиуретановых латексов отечественного и импортного производства, обладают всеми необходимыми технологическими характеристиками, позволяющими расширить область их применения для обработки древесных поверхностей. Причем стирол-акриловые дисперсии отличаются высоким содержанием твердого вещества при относительно низкой вязкости, что будет способствовать равномерному нанесению покрытий и быстрому высыханию в тонком слое и при комнатной температуре, т.к. минимальная температура пленкообразования лежит в области этих температур. Однако определение водопоглощения образующихся из этого латекса пленок, как в холодной, так и в горячей воде, показало, что водостойкость образующихся покрытий будет не высокой. При этом неограниченная смешиваемость латексов с водой без коагуляции позволит регулировать толщину покрытий, обеспечит хорошее проникновение состава в древесину, а также упростит технологические операции промывки оборудования.

Древесина хвойных и лиственных пород отличается строением и химическим составом, поэтому для нанесения покрытий были выбраны образцы древесины как хвойных (ель и сосна), так и лиственных пород (ясень, дуб, бук, береза). Определение адгезии покрытий методом решетчатого надреза, их твердости и термостойкости показало зависимость этих прочностных характеристик от химического состава латексов.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ВОЗДУХОМ

**Скуратов Николай Владимирович**

Мытищинский филиал Московского государственного  
технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

**E-mail:** [skuratov@mgul.ac.ru](mailto:skuratov@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** *древесина, гигроскопичность, сушка, сорбция, десорбция, коэффициент влагообмена*

Древесина является одним из наиболее доступных, сравнительно недорогим, экологически чистым, возобновляемым материалом, который широко используется в строительстве, а также для изготовления мебели и множества других изделий. Характерной особенностью древесины является ее гигроскопичность, то есть способность поглощать и конденсировать водяной пар из воздуха. Эту особенность древесины необходимо учитывать, как при ее обработке, прежде всего сушке, так и при эксплуатации изготовленных из нее изделий и сооружений. Изменение влажности древесины в процессах сорбции и десорбции неизбежно сопровождается изменением ее размеров вследствие разбухания или усушки. Скорость изменения влажности зависит как от параметров окружающего воздуха (сушильного агента), так и от показателей физических свойств и размеров древесины.

Интенсивность взаимодействия гигроскопичного материала с воздухом принято определять по отношению ко всей площади поверхности сохнущего или увлажняющегося материала. Количественно этот процесс характеризуется коэффициентом влагообмена. В отличие от теплообмена, массообмен с воздухом происходит не по всей поверхности материала, а лишь через содержащие воду капилляры, выходящие на поверхность. Как показали проведенные расчеты суммарная площадь сечений этих капилляров, даже когда они полностью заполнены водой, для большинства древесных пород не превышают 20% от площади поверхности древесного образца. При снижении поверхностной влажности капилляры сужаются, что приводит к уменьшению коэффициента влагообмена. Характер изменения этого

коэффициента в процессе взаимодействия древесины с воздухом зависит от ее базисной плотности. Также, но в меньшей степени, на его величину влияет расположение годичных слоев по отношению к поверхности влагообмена.

Полученные данные предполагается использовать для нахождения коэффициентов влагообмена для древесины различных пород в процессах сорбции и десорбции.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СПЕКАНИЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ МЕТОДОМ

**Соколова Виктория Александровна, Марков Виктор  
Александрович, Теппов Алексей Викторович, Парфенопуло  
Георгий Константинович**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет», Россия

**E-mail:** [mmu49@mail.ru](mailto:mmu49@mail.ru)

**Ключевые слова:** *восстановление деталей, электроконтактное припекание, порошковые композитные материалы*

Способ электроконтактного напекания порошков нашел применение в восстановлении деталей лесных машин. Данный способ сочетает в себе ряд процессов, протекающих одновременно: прессование и спекание металлического порошка, припекание его к поверхности детали под действием давления и температуры. Физико-химическая суть процесса заключается в том, что спекаемый и напекаемый на поверхность слой порошка нагревается за счет прохождения тока не до температуры плавления ( $T$ ), а до температуры  $(0,7-0,8) T$ . Спекание частиц порошка в слой и припекание слоя к основе происходят за счет диффузионных процессов и сплавления частиц порошка в отдельных контактирующих точках их поверхности. Эта особенность процесса приводит к тому, что покрытия получают пористыми. Заполнение маслом поры способствуют образованию устойчивой масляной пленки.

Правильно выбранный композиционный материал, безусловно окажет влияние на качество покрытия, и вследствие этого долговечность восстанавливаемой детали. При выборе подходящего материала для электроконтактного припекания следует в первую очередь обратить внимание на область его применения и рекомендации завода-производителя. Но при этом не стоит забывать, что при спекании различными способами у одного и того же композиционного материала могут проявляться совершенно разные свойства.

Для выбора порошкового материала, используемого для восстановления тяжело нагруженных деталей, остановимся на трех композиционных металлических порошках:

1. Низкоуглеродистая медистая сталь ПК10Д5 (используется для получения плотных тяжело нагруженных покрытий);

2. Сталь хромистая ПКХ6 (используется для получения плотных высокоизносостойких покрытий);

3. Сталь хромистая ПК40Х2 (используется для получения плотных износостойких и подверженных ударным нагрузкам покрытий).

Для анализа физико-механических свойств приведенных покрытий были проведены исследования микроструктуры, твердости, микротвердости, пористости и коррозионной стойкости материалов.

## АНАТОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛУБА ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Стасова Виктория Викторовна<sup>1</sup>, Зубарева Ольга Николаевна<sup>1</sup>,  
Иванова Галина Александровна<sup>1</sup>, Баженова Алина Борисовна<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное  
подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

E-mail: [vistasova@mail.ru](mailto:vistasova@mail.ru)

**Ключевые слова:** *лиственница сибирская, пожары, луб, анатомические показатели, химический состав*

Цель данной работы – проследить долгосрочное влияние пожаров различной интенсивности на анатомические характеристики флэзмы стволов лиственницы сибирской. Исследования проводили в районе Нижнего Приангарья Красноярского края. Эксперимент был проведен в 2002-2007 гг и представлял собой контролируемое выжигание, при котором кромка горения распространялась по ветру. На экспериментальных участках, пройденных низовыми пожарами высокой и низкой интенсивности, были выбраны модельные деревья с зеленой кроной и повреждениями комля. Контрольные (неповрежденные пожаром) деревья были взяты в древостое, прилегающем к экспериментальным участкам. Для изучения анатомического строения луба у одних и тех же модельных деревьев брали высечки из ствола на высоте 1.3 м в 2009, 2010, и 2015 годах.

Через 2, 3, 4 и 8 лет после низовых пожаров как высокой, так и низкой интенсивности не выявлено существенных различий по толщине луба, количеству клеток в радиальном ряду проводящей флэзмы, процентному содержанию тяжелой паренхимы и частоте расположения лучей как между контрольными и экспериментальными деревьями, так и разными годами. Выявлено изменение количества склерид в лубе после пожара по сравнению с допожарным состоянием. Содержание крахмала в лубе после пожара высокой интенсивности уменьшается по сравнению с контролем. При этом различия минимальны в слоях флэзмы, сформировавшихся после пожара, а паренхима луба, подвергшаяся

интенсивному тепловому воздействию, содержит меньше крахмала, особенно тяжевая. После пожара низкой интенсивности запасные питательные вещества (крахмал) сохраняются в основном в клетках лучевой паренхимы. По сравнению с ними клетки тяжелой паренхимы содержат меньше крахмальных зерен, особенно в зоне вблизи перидермы. Лигнификации оболочек ситовидных клеток, как это отмечалось у луба сосны после термического воздействия, не было отмечено.

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ

Титунин Андрей Александрович, Вахнина Татьяна  
Николаевна, Кудряшова Ирина Алексеевна

Костромской государственной университет, Россия

E-mail: [a\\_titinin@ksu.edu.ru](mailto:a_titinin@ksu.edu.ru)

*Ключевые слова:* древесные композиты, огнезащитность, твердые отходы

Наличие производства полиэтилентерефталата (ПЭТФ) потребовало формирования в нашей стране и за рубежом рынка по переработке использованных пластиковых изделий. Простая утилизация полимерных отходов в захоронениях малоэффективна. Негативное влияние на экологию оказывает сжигание полимерных отходов, в процессе чего выделяется большое количество вредных веществ. Поэтому не случайно Европа полностью откажется от одноразовых пластиковых предметов уже с 2021 года, в России также планируется рассмотреть возможность введения полного запрета на их использование с 2025 года.

Одним из возможных направлений утилизации ПЭТФ является получение древесно-полимерных композитов, как основы для создания строительных материалов с требуемым комплексом эксплуатационных свойств. Несмотря на имеющиеся результаты проводимых исследований в этой области, остается нерешенным ряд вопросов, связанных с технологией получения конкурентоспособных композиционных материалов. В первую очередь необходимо решить проблему высокой горючести полиэтилентерефталата. Как известно, для этого обычно используют антипирены.

Исследования различных способов введения антипирена в композицию древесно-полимерного материала, выполненные в Костромском государственном университете, показали, что более перспективным является введение антипирена в рабочий раствор связующего. Положительные результаты были получены при использовании алюмохромфосфата в количестве 5 % от массы древесной стружки в составе композиции. В этом случае

температуру пламенного горения удается снизить до 270 °С по сравнению с результатами для контрольных образцов, при сжигании которых температура составляла 330 °С. Однако при введении антипирена в композицию древесно-полимерного материала возникают проблемы его совместимости со связующим, что может привести к ухудшению показателей плит. Поэтому требуется более глубокий анализ полученных результатов.

## РОСТ НАЛОГА НА ПРИРОДНУЮ РЕНТУ В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ

**Тихомиров Евгений Александрович, Назаренко Ирина  
Николаевна**

Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский университет), Москва,  
Российская Федерация

**E-mail:** [tihomirov@mgul.ac.ru](mailto:tihomirov@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** природная рента, лесные таксы, лесопромышленный комплекс, добавленная стоимость, оценка природных ресурсов*

На примере лесных ресурсов РФ, как хотя и заметного, но не столь экономически привлекательного компонента, в сравнении с потенциалом топливно-энергетического комплекса (ТЭК) можно заметить, как упорно, в течении десятилетий крупнейшие лесопромышленные корпорации России и их собственники, доказывают необходимость удерживать низкие цены на выращиваемую на лесных землях древесину, тем самым успешно присваивая лесную ренту и вынуждая государство субсидировать воспроизводство лесных ресурсов.

В России сложилась парадоксальная ситуация, при которой государство, как собственник лесных земель и лесных ресурсов, субсидирует воспроизводство лесных ресурсов, но вместо получения значительного лесного дохода, отдает большую часть лесной ренты лесопромышленникам, которые перерабатывают дешевое древесное сырье и присваивает ренту, по праву принадлежащее всем членам российского общества.

Для лесозаготовительной промышленности, предприятия которой зачастую нерентабельны в следствии искусственно заниженных цен на древесное сырье, перенос налогового бремени на ренту и снижение налога на доходы, является благом, так как создает справедливую базу оценки эффективности для трудоемкого и небезопасного процесса изъятия выращенной древесины.

Лесное хозяйство, являясь органически увязанной с этим процессом подсистемой единого воспроизводственного цикла

(выращивание – снятие урожая), также получают новый импульс экономического характера.

Застарелая проблема ЛПК – низкий уровень выпуска продукции с глубокой степенью переработки древесного сырья и, соответственно – с высоким уровнем добавленной стоимости, также не может быть решена без повышения стоимости древесного сырья, так как отсутствует экономический интерес. Действительно, при ценах на сырье, на порядок ниже чем у зарубежных конкурентов, легче экспортировать продукцию слегка обработав круглые лесоматериалы, в больших объемах, и получать без особых забот те же доходы.

Экономический интерес, как рычаг управления процессом углубления степени переработки древесины, неизбежно приведет к росту добавленной стоимости конечной продукции потребления, восстановит равновесие и баланс интересов по всей технологической цепи отраслей лесного сектора: от лесовыращивания и охраны лесов до глубокой механической и химической переработки древесного сырья.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПЛОТНОСТИ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

**Тулзаков Дмитрий Владимирович, Спирин Борис Леонидович**

Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский университет), Москва,  
Российская Федерация

**E-mail:** [tuluzakov@mgul.ac.ru](mailto:tuluzakov@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** композиционный материал, профили плотности, моделирование профиля плотности*

При современной технологии производства древесно-стружечных плит имеется возможность управлять всеми стадиями этого процесса, что позволяет создавать композиционные материалы с заданными физико-механическими свойствами.

Одной из важнейших характеристик современных конструктивных элементов, применяемых для производства изделий из древесных композиционных материалов является их профиль плотности. От распределения плотности слоев по толщине композита во многом зависят его механические свойства, а значит и применение данного материала в различных изделиях, изготавливаемых промышленностью. Так для использования изделий, работающих на изгиб, требуется максимальная прочность по краям и минимальная в центре. Для удержания крепежных элементов нужна повышенная плотность в месте расположения крепежа. Одновременно желателен минимальный расход материала в ненагруженных слоях в целях снижения массы и стоимости изделия.

Предлагается модель для получения оптимальной структуры материала путем формирования пакета композита и определения оптимальных параметров прессования. Формирование структуры композита задается путем включения или не включения в конкретный слой материала той или иной древесной фракции, что позволит свести данную задачу к методам целочисленного программирования.

При построении модели учитывается тот факт, что получаемый материал может иметь различную удельную плотность по толщине пакета, что связано с включением в соответствующий слой

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

древесных частиц различного массового и породного состава. Также различные влажностные характеристики будут оказывать влияние на давление паровоздушной смеси и получаемые компрессионные характеристики.

## ОЦЕНКА ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ

**Чернышенко Оксана Васильевна, Козлова Дарья  
Валентиновна**

Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский университет), Москва,  
Российская Федерация

**E-mail:** [tchernychenko@mgul.ac.ru](mailto:tchernychenko@mgul.ac.ru)

**Ключевые слова:** *поглощение загрязнителей, городские леса, оценка*

Городские леса способствуют сокращению атмосферных загрязнителей в городе, поглощая и адсорбируя твердые частицы, окислы азота, серы, углекислый газ и озон. Городские деревья не только нейтрализуют атмосферные загрязнители, но и аккумулируют их в своих тканях. Поглотительная способность городских лесов – это регулирующие экосистемные услуги, выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов, способствующие поддержанию качества природной среды. В зависимости от площади городские леса могут изменять профили ветра или создавать локальные инверсии для улавливания загрязняющих веществ таким образом, что удаление атмосферных загрязнителей усиливается. Большая часть загрязнителей поглощается деревьями в дневные часы в процессе фотосинтеза. Обеспеченность водой дерева влияет на повышенную транспирацию, что, в свою очередь, увеличивает газопоглощение и накопление атмосферных загрязнителей до максимального уровня. Скорость поглощения газов зависит от морфо-анатомических особенностей листьев растений, метеорологических показателей: облачности, освещенности, скорости ветра, температуры воздуха и почвы, влажности воздуха и почвы. На поглотительную способность зеленых насаждений влияют видовой состав, возраст, ассимиляционная поверхность крон деревьев, длительности вегетации.

Цель нашего исследования – оценить удаление загрязнения воздуха окислов серы и азота городскими лесами, на примере ООПТ Долина реки Сетунь, Серебряный бор, ПКиО Сокольники в течение

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

вегетации 2019 г., разработать методы оценки удаления загрязнителей городскими насаждениями, выявить факторы, влияющие на поглотительную способность. Факторы, которые будут учтены – площадь листьев и их анатомические особенности, таксационные показатели и др.

## ОЦЕНКА ПЫЛЕФИЛЬТРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКОСИСТЕМНОЙ ФУНКЦИИ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

**Чернышенко Оксана Васильевна, Крутикова Полина  
Валентиновна**

Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана (национальный исследовательский университет), Москва,  
Российская Федерация

**E-mail:** [tchernychenko@mgul.ac.ru](mailto:tchernychenko@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** пылефильтрующая способность, городские  
леса, оценка*

Города-мегаполисы подвергаются воздействию высоких концентраций загрязнителей воздуха, особенно твердых частиц (ТЧ). Основными источниками ТЧ в городской среде являются автодороги, производственная и строительная деятельность. Городские деревья с их большой площадью листьев являются биологическими фильтрами, удаляя взвешенные частицы, улучшая качество воздуха и выполняя экосистемные функции. Листья деревьев являются естественными аккумуляторами твердых частиц, что используется в биоиндикации загрязнения атмосферного воздуха с помощью растений. Среди основных факторов, влияющих на осаждение частиц на поверхности растений, можно выделить форму и диаметр и частиц, метеорологические параметры (влажность, скорость ветра и турбулентность), видовой состав растений, особенности расположения деревьев, анатомо-морфологические особенности и форма листовой поверхности, размер, структура площадь кроны.

Деревья считаются наиболее эффективными пылеуловителями. Кроны деревьев приводят к турбулентным движениям воздуха, которые увеличивают отложение ТЧ на листьях. Широколиственные виды с шероховатыми листовыми поверхностями более эффективны в улавливании ТЧ, чем виды с гладкими листовыми поверхностями. Хвойные виды считаются более эффективными в накоплении ТЧ, чем широколиственные виды, и они накапливают загрязняющие вещества в течение всего

года. Однако широколиственные виды более устойчивы в экстремальных городских условиях.

Цель нашей работы – изучить эффективность пылефильтрующей способности деревьев в городской среде, оценить количественно поглощение твердых частиц городскими насаждениями, выявить наиболее эффективные виды для удаления твердых частиц, разработать практические рекомендации, с помощью которых удаление частиц деревьями может быть максимальным.

## **К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ НА РАСХОД КЛЕЯ**

**Чубинский Анатолий Николаевич, Русаков Дмитрий  
Сергеевич, Варанкина Галина Степановна, Чеглаков Алексей  
Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет», Россия

**E-mail:** [a.n.chubinsky@gmail.com](mailto:a.n.chubinsky@gmail.com)

***Ключевые слова:** микростроение древесины, шероховатость поверхности, проникновение жидкости в древесину*

Изучение поверхностных свойств и строения древесины березы, осины, лиственницы на микроуровне представляет безусловный интерес для изучения взаимодействия древесины различных пород с водой, жидкими клеящими и защитно-декоративными веществами.

Эффективный размер проводящих элементов древесины может быть определен с учётом её фрактальной структуры и топографии поверхности полостей клеток. Анализ микроструктуры древесины позволяет предположить возможность применения теории фракталов для описания её эффективных характеристик.

Проведенные ранее экспериментальные исследования глубины проникновения клея в древесину и деформирования древесных клеток методом электронной микроскопии показали, что глубина проникновения клея в раннюю зону значительно больше, чем в позднюю. Это можно объяснить не только различием толщины стенок клеток, меньшим разрушением стенок поздней древесины, но и топографией полости клеток.

Исследована поверхность полости клеток древесины березы, осины и лиственницы с помощью сканирующего микроскопа АСМ СММ 2000, программное обеспечение которого позволяет определить основные параметры топографии поверхности. Полученное с помощью программного комплекса iPhoto Draw version 2.6 трехмерное изображение позволило рассчитать фактическую площадь единичной поверхности полости клетки.

Трехмерное изображение позволяет в наглядной форме оценить характерные особенности шероховатости поверхности и как

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

следствие фактическую площадь контакта древесины с водой,  
жидкими клеящими и защитно-декоративными веществами.

## СИСТЕМА БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ ЛЕСНОГО СЕКТОРА

**Шарова Светлана Владимировна**

Московский государственный технологический университет им.  
Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет),  
Мытищинский филиал

**E-mail:** [sharova@mgul.ac.ru](mailto:sharova@mgul.ac.ru)

***Ключевые слова:** система бизнес-планирования, лесной сектор,  
стратегическая зона хозяйствования*

Пространственный анализ размещения и развития производственных мощностей отраслей лесного сектора РФ свидетельствует о том, что в большинстве регионов РФ имеются серьезные диспропорции в темпах развития лесных отраслей, взаимодействующих в единой технологической цепочке. Первостепенное значение приобретают задачи планирования стратегического развития лесопромышленных отраслей. Это обуславливает необходимость разработки стратегии развития при тесной координации принимаемых мер на основных уровнях управления отраслями лесного сектора: на федеральном уровне, на уровне субъектов Российской Федерации, на уровне отдельных предприятий, отраслевых научно-исследовательских и общественных организаций.

Обеспечение устойчивой эффективной работы предприятий лесного сектора, их экономического роста и развития определяется правильностью выбора стратегических ориентиров на долгосрочную перспективу, которые позволят наиболее рационально реализовать имеющиеся в их распоряжении ресурсы.

Стратегия бизнес-планирования предприятий лесного сектора во внешнем рыночном пространстве состоит в первую очередь в определении своих стратегических зон деятельности (СЗД) с позиций маркетинга, товарно-сырьевых позиций и клиентской базы. Как любая производственная система, предприятие характеризуется потоками необходимых ресурсов, которые поступают на вход, и потоками готовой продукции, работами и услугами, которые представлены на выходе. Для предприятий

лесного сектора при оценке привлекательности стратегической зоны хозяйствования целесообразно использовать такие факторы, как перспективы роста и перспективы рентабельности, уровень экономической, технологической и социально-политической стабильности и другие факторы, определяющие успех работы в данной стратегической зоне деятельности.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ В ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЕСНОГО  
РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА PINUS SYLVESTRIS L.  
НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

**Шеллер Марина Александровна, Ибе Алексей Александрович,  
Шуваев Денис Николаевич, Сухих Татьяна Валентиновна,  
Шилкина Елена Алексеевна**

Филиал ФБУ «Рослесозащита» - «Центр защиты леса  
Красноярского края», Россия

**E-mail:** [maralexsheller@mail.ru](mailto:maralexsheller@mail.ru)

***Ключевые слова:** лесной репродуктивный материал, сосна обыкновенная, ДНК-анализ, микросателлиты, генетическое сходство.*

В настоящее время одной из важных задач лесного хозяйства Российской Федерации является контроль за соблюдением правил лесного семенного районирования при воспроизводстве лесов. С этой целью отделом мониторинга состояния лесных генетических ресурсов Красноярского края был проведен ДНК-анализ семян и сеянцев (лесного репродуктивного материала) сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на территориях Республики Хакасия (Абазинское лесничество) и Красноярского края (Емельяновское и Уярское лесничества) на предмет их генетического соответствия. В ходе генетического анализа было использовано 6 микросателлитных локусов ядерной ДНК (SSR-анализ): lw\_21953, lw\_04306, PtTx3107, PtTx3116, psy157, lw\_27940. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводили в 6% полиакриламидном геле (ПААГ), с использованием 1xTAE буфера в камерах для вертикального электрофореза (VE-20, ООО «Хеликон»). Расчет показателей генетического разнообразия проводили с помощью программы GenAlEx6.5.

Анализ полученных данных показал, что в выборках семян сосны обыкновенной, заготовленных в насаждениях обозначенных регионов и предположительно выращенных из них сеянцев, по 6 изученным локусам всего выявлено от 36 до 47 аллельных вариантов. Наиболее часто встречаемыми аллелями были: 247 в локусе lw\_27940; 199 в локусе psy157; 170 и 161 в локусе PtTx3116;

159 в локусе PtTx3107; 193 и 187 в локусе lw\_04306; 253 и 258 в локусе lw\_21953. Генетическое сходство между семенами и сеянцами сосны обыкновенной изученных контрольных образцов варьировало от 90,2 до 96,7%. Таким образом, в рамках данной работы было подтверждено соблюдение правил лесного семенного районирования при воспроизводстве лесов на территориях Республики Хакасия и Красноярского края.

### PARTICIPANTS E-MAIL LIST

<b>Participant</b>	<b>E-mail</b>
Czupy Imre	<a href="mailto:czupy.imre@uni-sopron.hu">czupy.imre@uni-sopron.hu</a>
Deglise Xavier	<a href="mailto:xavier.deglise@univ-lorraine.fr">xavier.deglise@univ-lorraine.fr</a>
Derczeni Rudolf	<a href="mailto:derczeni@unitbv.ro">derczeni@unitbv.ro</a>
Donaldson Lloyd	<a href="mailto:lloyd.donaldson@scionresearch.com">lloyd.donaldson@scionresearch.com</a>
Dou Jinze	<a href="mailto:jinze1316@gmail.com">jinze1316@gmail.com</a>
El Moussaouiti Mohammed	<a href="mailto:m.elmoussaouiti@gmail.com">m.elmoussaouiti@gmail.com</a>
Evans Robert	<a href="mailto:robertxevas@gmail.com">robertxevas@gmail.com</a>
Kasal Bohumil	<a href="mailto:bohumil.kasal@wki.fraunhofer.de">bohumil.kasal@wki.fraunhofer.de</a>
Kim Yoon Soo	<a href="mailto:kimys@jnu.ac.kr">kimys@jnu.ac.kr</a>
Musat Elena Camelia	<a href="mailto:elena.musat@unitbv.ro">elena.musat@unitbv.ro</a>
Náhlík András	<a href="mailto:rectoro@uni-sopron.hu">rectoro@uni-sopron.hu</a>
Pásztor Zoltan	<a href="mailto:pasztor.zoltan@uni-sopron.hu">pasztor.zoltan@uni-sopron.hu</a>
Rojas Rojas Mederic Pascual	<a href="mailto:medericop@nauta.eu">medericop@nauta.eu</a>
Schmitt Uwe	<a href="mailto:uwe.schmitt@thuener.de">uwe.schmitt@thuener.de</a>
Șova Daniela	<a href="mailto:sova.d@unitbv.ro">sova.d@unitbv.ro</a>
Stanciu Mariana Domnica	<a href="mailto:mariana.stanciu@unitbv.ro">mariana.stanciu@unitbv.ro</a>
Wang Siqun	<a href="mailto:swang@utk.edu">swang@utk.edu</a>
Аксенов Петр Андреевич	<a href="mailto:axenov.pa@mail.ru">axenov.pa@mail.ru</a>
Антонова Галина Феодосиевна	<a href="mailto:antonova_cell@mail.ru">antonova_cell@mail.ru</a>
Белковский Серафим Юрьевич	<a href="mailto:belkovskiy@ro.ru">belkovskiy@ro.ru</a>
Букова Анна Александровна	<a href="mailto:annabukova@yandex.ru">annabukova@yandex.ru</a>
Быковский Максим Анатольевич	<a href="mailto:bykovskiy@mgul.ac.ru">bykovskiy@mgul.ac.ru</a>
Варанкина Галина Степановна	<a href="mailto:varagalina@yandex.ru">varagalina@yandex.ru</a>
Вронская Алла Михайловна	<a href="mailto:alla.m.vronskaya@gmail.com">alla.m.vronskaya@gmail.com</a>
Галкин Владимир Павлович	<a href="mailto:vgalkin@bmstu.ru">vgalkin@bmstu.ru</a>
Гамсахурдия Ольга Владимировна	<a href="mailto:gamsahurdia@mgul.ac.ru">gamsahurdia@mgul.ac.ru</a>
Горбачева Галина Александровна	<a href="mailto:gorbacheva@bmstu.ru">gorbacheva@bmstu.ru</a>
Горячев Никита Леонидович	<a href="mailto:ckal_cniib@mail.ru">ckal_cniib@mail.ru</a>

<b>Participant</b>	<b>E-mail</b>
Данилов Дмитрий Александрович	<a href="mailto:stown200@mail.ru">stown200@mail.ru</a>
Деянов Дмитрий Игоревич	<a href="mailto:D.dejanov@yandex.ru">D.dejanov@yandex.ru</a>
Донской Сергей Александрович	<a href="mailto:lessiii@bk.ru">lessiii@bk.ru</a>
Дремова Юлия Геннадиевна	<a href="mailto:dremova@inbox.ru">dremova@inbox.ru</a>
Ермохин Артём Алексеевич	<a href="mailto:ermohin_1997@mail.ru">ermohin_1997@mail.ru</a>
Завражнова Ирина Анатольевна	<a href="mailto:zavrazhnova@mgul.ac.ru">zavrazhnova@mgul.ac.ru</a>
Зайцев Владислав Дмитриевич	<a href="mailto:kelertak@bk.ru">kelertak@bk.ru</a>
Запруднов Вячеслав Ильич	<a href="mailto:zaprudnov@mgul.ac.ru">zaprudnov@mgul.ac.ru</a>
Зарубина Анжелла Николаевна	<a href="mailto:zarubina@mgul.ac.ru">zarubina@mgul.ac.ru</a>
Иванкин Андрей Николаевич	<a href="mailto:aivankin@inbox.ru">aivankin@inbox.ru</a>
Калинина Алёна Анатольевна	<a href="mailto:kalinina@bmstu.ru">kalinina@bmstu.ru</a>
Каптелкин Александр Александрович	<a href="mailto:kaptelkin94@mail.ru">kaptelkin94@mail.ru</a>
Кирей Владимир Владимирович	<a href="mailto:kirey-v@mail.ru">kirey-v@mail.ru</a>
Классен Николай Владимирович	<a href="mailto:klassen@issp.ac.ru">klassen@issp.ac.ru</a>
Комаров Евгений Геннадиевич	<a href="mailto:komarov@mgul.ac.ru">komarov@mgul.ac.ru</a>
Кононов Георгий Николаевич	<a href="mailto:kononov@mgul.ac.ru">kononov@mgul.ac.ru</a>
Кульман Сергей Николаевич	<a href="mailto:sergiy.kulman@znau.edu.ua">sergiy.kulman@znau.edu.ua</a>
Лаптев Александр Валентинович	<a href="mailto:laptev@mgul.ac.ru">laptev@mgul.ac.ru</a>
Левин Андрей Борисович	<a href="mailto:nivel2001@mail.ru">nivel2001@mail.ru</a>
Леонова Валентина Алексеевна	<a href="mailto:leonovava@bk.ru">leonovava@bk.ru</a>
Ломов Виктор Дмитриевич	<a href="mailto:lomov@mgul.ac.ru">lomov@mgul.ac.ru</a>
Макаренко Дмитрий Сергеевич	<a href="mailto:dmitriy.makar.95@mail.ru">dmitriy.makar.95@mail.ru</a>
Маликов Александр Николаевич	<a href="mailto:klevenivo1988@mail.ru">klevenivo1988@mail.ru</a>
Матросов Алексей Васильевич	<a href="mailto:matrosov@mgul.ac.ru">matrosov@mgul.ac.ru</a>
Матюшкина Ольга Николаевна	<a href="mailto:1462699@gmail.com">1462699@gmail.com</a>
Мельник Любовь Петровна	<a href="mailto:lyubov.melnik.93@mail.ru">lyubov.melnik.93@mail.ru</a>
Мельник Петр Григорьевич	<a href="mailto:melnik_petr@bk.ru">melnik_petr@bk.ru</a>
Моисеев Сергей Андреевич	<a href="mailto:rf-baf@mail.ru">rf-baf@mail.ru</a>
Морозова Ольга Ивановна	<a href="mailto:morozova@inbox.ru">morozova@inbox.ru</a>
Назаренко Елена Борисовна	<a href="mailto:nazarenko@mgul.ac.ru">nazarenko@mgul.ac.ru</a>

<b>Participant</b>	<b>E-mail</b>
Назаренко Ирина Николаевна	<a href="mailto:nazarenko37@mail.ru">nazarenko37@mail.ru</a>
Первалова Евгения Александровна	<a href="mailto:perevalva.evgenija@rambler.ru">perevalva.evgenija@rambler.ru</a>
Покровская Елена Николаевна	<a href="mailto:elenapokrovskaya@bk.ru">elenapokrovskaya@bk.ru</a>
Полещук Ольга Митрофановна	<a href="mailto:olga.m.pol@yandex.ru">olga.m.pol@yandex.ru</a>
Провин Кирилл Николаевич	<a href="mailto:les.k91@mail.ru">les.k91@mail.ru</a>
Резанов Леонид Владимирович	<a href="mailto:rezanov61@mail.ru">rezanov61@mail.ru</a>
Русаков Дмитрий Сергеевич	<a href="mailto:dima-ru25@mail.ru">dima-ru25@mail.ru</a>
Рыбин Борис Матвеевич	<a href="mailto:rybin@mgul.ac.ru">rybin@mgul.ac.ru</a>
Санаев Виктор Георгиевич	<a href="mailto:rector@mgul.ac.ru">rector@mgul.ac.ru</a>
Сарапкина Елена Владимировна	<a href="mailto:sarapkinaev@mail.ru">sarapkinaev@mail.ru</a>
Скуратов Николай Владимирович	<a href="mailto:skuratov@mgul.ac.ru">skuratov@mgul.ac.ru</a>
Стасова Виктория Викторовна	<a href="mailto:vistasova@mail.ru">vistasova@mail.ru</a>
Теппоев Алексей Викторович	<a href="mailto:mmu49@mail.ru">mmu49@mail.ru</a>
Титунин Андрей Александрович	<a href="mailto:a_titunin@ksu.edu.ru">a_titunin@ksu.edu.ru</a>
Тихомиров Евгений Александрович	<a href="mailto:tihomirov@mgul.ac.ru">tihomirov@mgul.ac.ru</a>
Тулузаков Дмитрий Владимирович	<a href="mailto:tuluzakov@mgul.ac.ru">tuluzakov@mgul.ac.ru</a>
Тулузаков Дмитрий Владимирович	<a href="mailto:tuluzakov@mgul.ac.ru">tuluzakov@mgul.ac.ru</a>
Хазратбеков Мирхоким Хазратбекович	<a href="mailto:khazratbekov@mail.ru">khazratbekov@mail.ru</a>
Чеглаков Алексей Сергеевич	<a href="mailto:cheglakov.alexey@gmail.com">cheglakov.alexey@gmail.com</a>
Чекунин Дмитрий Борисович	<a href="mailto:Chekunin_D_B@goznak.ru">Chekunin D B@goznak.ru</a>
Чубинский Анатолий Николаевич	<a href="mailto:a.n.chubinsky@gmail.com">a.n.chubinsky@gmail.com</a>
Шадрин Анатолий Александрович	<a href="mailto:shadrin@mgul.ac.ru">shadrin@mgul.ac.ru</a>
Шапченкова Ольга Александровна	<a href="mailto:shapchenkova@mail.ru">shapchenkova@mail.ru</a>
Шарова Светлана Владимировна	<a href="mailto:sharova@mgul.ac.ru">sharova@mgul.ac.ru</a>
Шеллер Марина Александровна	<a href="mailto:maralexsheller@mail.ru">maralexsheller@mail.ru</a>
Щербakov Евгений Николаевич	<a href="mailto:scherbakov@mgul.ac.ru">scherbakov@mgul.ac.ru</a>

## **REPRESENTED UNIVERSITIES AND ORGANIZATIONS**

- Aalto University, Department of Bioproducts and Biosystems, Helsinki, Finland
- BMG TRADA Certifying AB, Göteborg, Sweden
- Center for Renewable Carbon, University of Tennessee, Knoxville, USA
- Chonnam National University, Gwangju, South Korea
- Department of Mechanical Engineering, Transilvania University of Braşov, Romania
- Empresa de Construcciones La Habana, Cuba
- Empresa Nacional de Ingeniería Aplicada, Cuba
- Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de La Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, Cuba
- Faculty of Sciences, Rabat, Morocco
- Faculty of Silviculture and forest engineering, Transilvania University of Brasov, Romania
- Fraunhofer WKI, Braunschweig, Germany
- Gheorghe Asachi Technical University of Iaşi, Romania
- Institute of Forest and Environmental Techniques, University of Sopron, Hungary
- Institute of Mathematics, University of Sopron, Hungary
- Institute of Solid-State Physics of Russian Academy of Sciences (ISSP RAS), Russia
- Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba
- Instituto de Investigaciones Agroforestales, Cuba
- Laboratory of Materials Nanotechnology and Environment, Macromolecular Chemistry and Biomaterials Sciences Faculty of Sciences, University Mohammed V, Rabat, Morocco
- LERMaB, University of Lorraine, France
- Materials Science and Engineering Program, School of Engineering and Resources, Walailak University, Thailand
- Municipal Budget Educational Institution School № 45, Yamkino, Moscow Region, Russia
- Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Russia
- National Institute of Research and Development for Technical Physics, Romania
- Private educational institution "Nonprofit general educational institution "ShkolYar", Moscow region, Russia

- Russian Academy of Science, Russian Federation
- Scion, Rotorua, New Zealand
- Siberian Institute of Physiology and Biochemistry of Plants, Siberian Branch of RAS, Irkutsk, Russia
- Technical University Braunschweig, Braunschweig, Germany,
- Thünen-Institute of Wood Research and Institute of Wood Science of the University of Hamburg, Germany
- Universidad Politécnica de La Habana, CUJAE, Cuba
- University of Petroșani, Petroșani, Romania
- University of Sopron, Hungary
- University of Sopron, Innovation Center, Hungary
- VN Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of RAS, Krasnoyarsk, Russia
- Житомирський національний агроекологічний університет, Україна
- Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия
- Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Московская область, Россия
- Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
- Костромской государственный университет, Россия
- Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Российская Федерация
- Научно-исследовательский институт – филиал АО «Гознак», Россия
- Национальный исследовательский «Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия
- ОАО «ЦНИИБ», Россия
- ООО «Лесинвест», Россия
- ПАО «Сибур Холдинг», Россия
- Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия
- Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

International Symposium «Forest complex in the digital economy».  
Mytishchi, Moscow region, Russia, December 2-5, 2019.

- Управление по содержанию и развитию рекреационного ландшафта территории ФГБУ «Международный детский центр «Артек», Россия
- ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина», Россия
- ФГБНУ «Росинформагротех», Россия
- ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА», Россия
- ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет», Россия
- Филиал ФБУ «Рослесозащита» - «Центр защиты леса Красноярского края», Россия
- Школа №1579, Москва, Россия

## AUTHOR INDEX

- Aniskina Antonina A., 51  
Antonova Galina F., 23  
Bârsănescu Paul, 53  
Barti Monica E., 43  
Belkovskiy Serafim Yu., 35  
Börcsök Zoltán, 25  
Bukova Anna A., 26  
Bykovskiy Maxim A., 28  
Cebruk Ivan S., 48  
Czupy Imre, 30  
Deglise Xavier, 31  
Derczeni Rudolf A., 43  
Donaldson Lloyd A., 32  
Dou Jinze, 33  
Dryomova Yuliya G., 26  
Dumitru-Dobre Constantin, 43  
Galkin Vladimir P., 46, 48  
Gamsakhurdia Olga V., 44  
George Béatrice, 31  
Goanță Viorel, 53  
González Yunier, 45  
Gorbacheva Galina A., 34, 35,  
46, 48  
Hamdaoui Lahcen El, 42  
Horváth-Szováti Erika, 30  
Ilias Nicolae, 54  
Kasal Bo, 36  
Khazratbekov Mirkhokim Kh.,  
37  
Kim Yoon Soo, 38  
Klassen Nikolay V., 46, 48  
Kolomietz Arkady A., 48  
Kozhuhov Nikolay I., 55  
Kumaniaev Sergey E., 46  
La O Joaquin, 45  
Laptev Alexandr V., 39  
Li Juan, 36  
Loskutov Sergei R., 51  
Maloney Thad, 33  
Manzanares Katia, 45  
Matrosov Alexey V., 39  
Matyushkina Olga N., 41  
Merlin André, 31  
Moussaouiti Mohammed El, 31,  
42  
Mușat Elena C., 43  
Nazarenko Elena B., 44, 55  
Oskolkov Vladimir A., 23  
Pásztori Zoltán, 25, 51  
Phiri Josphat, 33  
Puig Rene, 45  
Rojas Mederico, 45  
Sanaev Victor G., 34, 35, 46, 48  
Savin Adriana, 53, 54  
Schmitt Uwe, 50  
Seo Jeong-Wook, 50  
Shapchenkova Olga A., 51  
Smirnov Dmitriy V., 34  
Șova Daniela, 53, 54  
Srivaro Suthon, 51  
Stanciu Mariana D., 53, 54  
Stasova Victoria V., 23  
Suthon Srivaro, 25  
Suvorova Galina G., 23  
Tikhomirov Evgeny A., 28, 55  
Verdecia Ulisver, 45  
Vinokurov Sergey A., 46, 48  
Vuorinen Tapani, 33  
Wang Siqun, 57  
Агеев Антон Константинович,  
58  
Аксенов Петр Андреевич, 60,  
62

- Аникушин Борис Михайлович**, 80
- Армизонова Марина Андреевна**, 74
- Баженова Алина Борисовна**, 138
- Быков Владимир Васильевич**, 64
- Быковский Максим Анатольевич**, 83
- Варанкина Галина Степановна**, 150
- Вахнина Татьяна Николаевна**, 140
- Векшина Анна Александровна**, 78
- Веревкин Алексей Николаевич**, 89, 91
- Вронская Алла Михайловна**, 113
- Галкин Владимир Павлович**, 65
- Голубев Иван Григорьевич**, 64
- Голубев Михаил Иванович**, 64
- Горбачев Н. М.**, 107
- Горбачева Галина Александровна**, 58, 67
- Горячев Никита Леонидович**, 80
- Данилов Дмитрий Александрович**, 68
- Деянов Дмитрий Игоревич**, 67
- Донской Сергей Александрович**, 70
- Ермохин Артём Алексеевич**, 72
- Завражнова Ирина Анатольевна**, 124
- Зайцев Владислав Дмитриевич**, 89, 91
- Зайцев Дмитрий Андреевич**, 68
- Запруднов Вячеслав Ильич**, 74, 75, 77, 78
- Зарубина Анжелла Николаевна**, 101, 105, 132
- Зубарева Ольга Николаевна**, 138
- Зуйков Александр Александрович**, 80
- Ибе Алексей Александрович**, 154
- Иванкин Андрей Николаевич**, 58, 101, 105
- Иванова Галина Александровна**, 138
- Калинина Алёна Анатольевна**, 65
- Каптелкин Александр Александрович**, 82
- Карпачев Сергей Петрович**, 83
- Кирей Владимир Владимирович**, 84
- Кирюхина Татьяна Александровна**, 86
- Козлитина Ольга Михайловна**, 84
- Козлова Дарья Валентиновна**, 146
- Козначеев Иван Алексеевич**, 107
- Колганихина Галина Борисовна**, 62
- Комаров Евгений Геннадиевич**, 87
- Кононов Георгий Николаевич**, 89, 91
- Константинова Светлана Алексеевна**, 80
- Корнилов Георгий Валентинович**, 93

- Котов Алексей Александрович**, 120
- Крутикова Полина Валентиновна**, 148
- Кудряшова Ирина Алексеевна**, 140
- Кульман Сергей Николаевич**, 95
- Левин Андрей Борисович**, 97
- Леонов Левон Аветисович**, 99
- Леонова Валентина Алексеевна**, 99
- Леонтьев Павел Константинович**, 101
- Ломов Виктор Дмитриевич**, 103
- Лопатников Михаил Викторович**, 97
- Любавина Ирина Владимировна**, 105
- Макаренко Дмитрий Сергеевич**, 107
- Маликов Александр Николаевич**, 109
- Марков Виктор Александрович**, 136
- Мельник Любовь Петровна**, 111
- Мельник Петр Григорьевич**, 113
- Моисеев Сергей Андреевич**, 67
- Морозова Ольга Ивановна**, 84
- Назаренко Ирина Николаевна**, 142
- Парфенопуло Георгий Константинович**, 136
- Перевалова Евгения Александровна**, 115
- Покровская Елена Николаевна**, 117
- Полещук Ольга Митрофановна**, 87
- Провин Кирилл Николаевич**, 118
- Проخورов Леонид Николаевич**, 120
- Рамильев Ислам Рамильевич**, 75
- Резанов Леонид Владимирович**, 122
- Русakov Дмитрий Сергеевич**, 150
- Рыбин Борис Матвеевич**, 124
- Рыбин Дмитрий Борисович**, 124
- Рыкунин Станислав Николаевич**, 82
- Санаев Виктор Георгиевич**, 58, 65, 67, 126, 128
- Сарапкина Елена Владимировна**, 130
- Сашина Дарья Олеговна**, 132
- Сердюкова Юлия Владимировна**, 89, 91
- Скуратов Николай Владимирович**, 134
- Соколова Виктория Александровна**, 136
- Спирин Борис Леонидович**, 144
- Стасова Виктория Викторовна**, 138
- Сухих Татьяна Валентиновна**, 154
- Теппоев Алексей Викторович**, 136
- Титунин Андрей Александрович**, 140
- Тихомиров Евгений Александрович**, 142

**Тулузаков Дмитрий  
Владимирович, 144**

**Хроменко Андрей  
Владимирович, 97**

**Цветков Вячеслав Ефимович,  
93**

**Чеглаков Алексей Сергеевич,  
150**

**Чекунин Дмитрий Борисович,  
93**

**Чернышенко Оксана  
Васильевна, 146, 148**

**Чубинский Анатолий  
Николаевич, 150**

**Шадрин Анатолий  
Александрович, 120**

**Шарова Светлана  
Владимировна, 152**

**Шеллер Марина  
Александровна, 154**

**Шилкина Елена Алексеевна,  
154**

**Шуваев Денис Николаевич,  
154**

**Щербаков Евгений  
Николаевич, 128**

**Юрочкин Никита Антонович,  
77**

**Януш Сергей Юрьевич, 68**



## International Symposium «Forest complex in the digital economy»

---

In the framework of the symposium an Annual Meeting of the IAWS Executive Committee and an annual session of the Regional Coordinating Council of Wood Science (RCCWS) will be held.

Symposium sections:

- Structure, properties and quality of wood and wood materials.
- Space monitoring of forest management and reforestation.
- Progressive technologies of logging industries.
- Innovative environmentally friendly technologies of wood processing industries in the digital economy.
- Advanced chemical technologies in the forest complex.
- New materials and technologies of wooden housing construction.
- Bioenergy as a vector of development of the digital economy.
- Forest resources and the global forest products market in the digital economy.
- Ecosystem services of the urban forests in cities and agglomerations.

2019  
December 2–5  
Mytishchi, Russia