

Научная статья  
УДК 699.812.3  
<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2025-1/130-138>

## Исследование огнезащитной пропитки для дерева

Татьяна Алексеевна Будыкина

Академия гражданской защиты МЧС России,  
Химки, Российская Федерация  
✉ [tbudykina@yandex.ru](mailto:tbudykina@yandex.ru)

**Аннотация.** Для идентификации наличия огнезащиты на древесине и оценки огнезащитного эффекта пропиточных составов необходимо проводить натурные эксперименты по термической деструкции материалов, подвергнутых огнезащитной обработке, в сравнении с нативными материалами. Целью исследования является изучение поведения деревянных стропил чердачных конструкций, пропитанных огнезащитным составом, при термическом воздействии и степени проникновения пропитки вглубь материала. Объектом исследования являлись образцы нативной древесины и обработанной огнезащитной пропиткой. Из спиля деревянного бруса были отобраны пробы с края древесины и в 2, 4, 7 см от края обработанной древесины. Задачами исследования являются идентификация огнезащитного эффекта пропитки по слоям деревянного бруса от края к центру, определение веществ, выделяющихся из деревянных конструкций при термическом воздействии. Исследования древесины проводились методом синхронного термического анализа, совмещённого с ИК-Фурье. Доказано, что обработанная составом древесина действительно проявляет огнезащитные свойства, при температурном воздействии пропитанная древесина в 2–4 раза меньше выделяет тепла по сравнению с нативной древесиной. Послойный анализ поведения образцов древесины указывает на наименьшее тепловыделение слоя древесины, расположенного в 2 см от края. Не подтверждён низкий уровень проникновения пропитки в глубинные слои древесины. При горении в основном выделяются безвредные компоненты (вода и углекислый газ), за исключением глубинных слоёв, из которых выделяются пары уксусной кислоты и сероуглерода, что опасно для пожарных, осуществляющих процесс тушения пожара, и людей, не успевших эвакуироваться из горящего здания.

**Ключевые слова:** огнезащитная пропитка, термогравиметрия, ИК-спектры, горение, древесина, продукты термолитиза

**Для цитирования:** Будыкина Т.А. Исследование огнезащитной пропитки для дерева // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2025. № 1(62). С. 130–138.

Original article

## Investigation of fire-resistant impregnation for wood

Tatyana A. Budykina

The Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia,  
Khimki, Russian Federation  
✉ [tbudykina@yandex.ru](mailto:tbudykina@yandex.ru)

**Abstract.** To identify the presence of fire protection on wood and to evaluate the fire protection effect of impregnating compositions, it is necessary to conduct natural experiments on thermal destruction of materials subjected to fire protection treatment in comparison with native materials. The aim of the study is to investigate the behavior of wooden rafters of attic structures impregnated with a fire protection composition under

thermal exposure and the degree of penetration of the impregnation deep into the material. The object of the study was samples of native wood and wood treated with a fire protection impregnation. Samples were taken from the edge of the wood and from 2, 4, 7 cm from the edge of the treated wood from a saw cut of a wooden beam. The objectives of the study were to identify the fire protection effect of impregnation on layers of wooden beams from the edge to the center, and to determine the identification of substances released from wooden structures under thermal influence. The wood studies were carried out using the method of synchronous thermal analysis combined with IR Fourier. It has been proven that wood treated with the composition does exhibit fire-protective properties; when exposed to temperature, impregnated wood emits 2–4 times less heat than native wood. Layer-by-layer analysis of the behavior of wood samples indicates the lowest heat emission of the wood layer located 2 cm from the edge. The low level of penetration of the impregnation into the deep layers of wood has not been confirmed. When burning, mainly harmless components (water and carbon dioxide) are released, with the exception of the deep layers, from which acetic acid and carbon disulfide vapors are released, which is dangerous for firefighters extinguishing the fire and people who have not managed to evacuate the burning building.

**Keywords:** fire-retardant impregnation, thermogravimetry, IR spectra, combustion, wood, thermolysis products

**For citation:** Budykina T.A. Investigation of fire-resistant impregnation for wood. *FEFU: School of Engineering Bulletin*, 2025, no. 1(62), pp. 130–138. (In Russ.).

## Введение

Для огнезащиты деревянных конструкций применяется большое разнообразие составов в виде лаков, красок, пропиток, которые позволяют повысить предел огнестойкости деревянных конструкций, что чрезвычайно важно для обеспечения нормативного времени эвакуации людей из горящего здания, а также – для проведения работ по спасению людей и тушению пожара. Для оценки огнезащитного эффекта составов необходимо проводить натурные эксперименты по термической деструкции материалов, подвергнутых огнезащитной обработке, в сравнении с необработанными (нативными) материалами, с последующим анализом результатов. Это позволит провести идентификацию наличия/отсутствия огнезащиты, заявленной организацией, осуществлявшей огнезащитную обработку, и в то же время выявить закономерности поведения материала, знание которых будет способствовать совершенствованию системы обеспечения пожарной безопасности. В последнее время вопросы идентификации наличия/отсутствия огнезащитных составов на строительных конструкциях являются актуальными для экспертов Федеральной противопожарной службы в ходе расследования пожаров и страховых компаний при расчёте размера выплат при наступлении страхового случая [1].

Наибольшее распространение для защиты древесины получил метод поверхностной пропитки (кистью, распылением, окунанием) благодаря своей простоте и доступности, вследствие чего на поверхности образуется поверхностный огнезащищённый слой (поверхностная пропитка) или обеспечивается огнезащита в объёме древесины (глубокая пропитка). Для визуального подтверждения наличия пропитки на древесине в неё добавляют цветовой индикатор.

В зависимости от антипирена, который хорошо растворяется либо в органическом растворителе, либо в воде, различают водо- и органорастворимые пропитки.

Водорастворимые пропитки используются для жилых комплексов, сооружений хозяйственной деятельности человека. Главными недостатками водных пропиток являются низкий уровень проникновения состава в материал, вследствие чего защищённым оказывается только поверхностный слой, высокий расход смеси по сравнению с органорастворимой пропиткой, необходимость повторной обработки материала, так как в случае взаимодействия с водой они практически полностью теряют свою эффективность. Для защиты внешних конструкций зданий можно использовать трудновываемые составы, а для внутренних помещений – легковываемые и вымываемые составы. Трудновываемые составы дороже, но наносить их на внутренние конструкции жилого помещения не имеет смысла, что связано с их негативным воздействием на организм, скоростью впитывания и стоимостью материалов [2].

Для органорастворимых пропиток характерно проникновение антипирена в глубокие слои древесины. Длительное взаимодействие с такого рода составами негативно сказывается

на здоровье человека, поэтому на практике они применяются не часто. Указанные составы используются по большей части на производственных объектах. В органорастворимые огнестойкие составы включаются азотокислотные, сернокислые вещества, аммонийные соли. Особую популярность в группе органорастворимых составов получили смеси с фосфором и галогеном [2].

Поиск огнезащитных пропиточных составов продолжается. В работе [3] огнезащитная пропитка для дерева имеет состав: аммофос – 40–70 %; полифосфат натрия – 30–60 %; вода. Азот- и фосфорсодержащие добавки образуют трудновымываемую, огнебиостойчивую композицию, которая при температуре свыше 140 °С разлагается с выделением аммиака и солей полифосфорных кислот натрия.

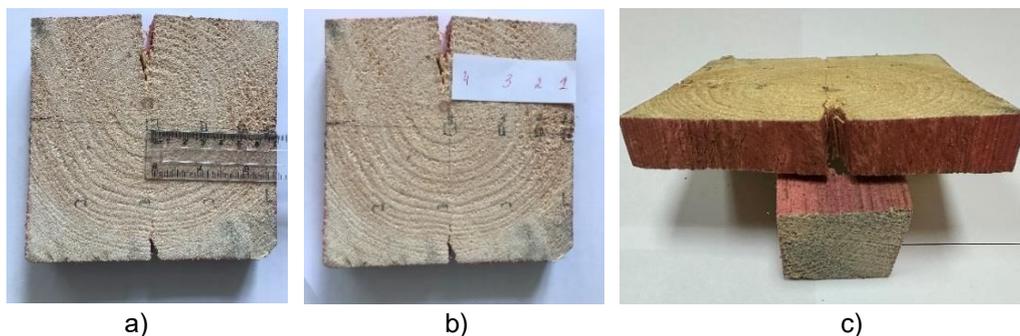
Особенно популярны направления, связанные с производством антипиренов из различных отходов промышленности. Так, в работе [4] рассматривается возможность использования отходов нефтехимической промышленности – 4-винилциклогексана после процесса бромирования в хлороформе в качестве пропитывающего антипирирующего состава. При сгорании галогенводородных антипиренов при температурном воздействии выделяются вещества, способствующие разбавлению газовой смеси вблизи поверхности подложки, изолируя её от кислорода воздуха.

Вопросы изучения поведения натуральной древесины при термическом разложении представлены многочисленными работами, например [5–7], после обработки химическими реагентами [8–10], в том числе с помощью методов термического анализа, термографии, ИК-спектроскопии с анализом отходящих газов [11–13]. Однако в литературе отсутствуют сведения о проведении эксперимента с древесиной, обработанной пропиточными составами, по слою (от края к центру) и о поведении различных слоёв пропитанной древесины при температурном воздействии.

Целью исследования является изучение поведения древесины (деревянные стропила чердачных конструкций), подвергнутой огнезащитной пропитке (сторонней организацией), при термическом воздействии и степени проникновения пропитки вглубь материала.

Согласно данным производителя, пропитка имеет следующий состав: вода, фосфат, соли органические и неорганические, аПАВ. Для получения сравнительных данных исследовался также образец древесины без огнезащитной обработки.

Объектом исследования являлся образец нативной (необработанной) древесины (образец 1) и образец древесины, подвергнутой огнезащитной пропитке, – срез деревянного бруса размером 14×14 см (рисунок 1). Древесина имела характерный розовый цвет с внешней стороны (рисунок 1с).



**Рис. 1. Внешний вид исследуемого деревянного бруса, подвергнутого огнезащитной пропитке:**

**а – размер бруса; б – точки отбора проб древесины, с – цветовое решение пропитки**

Fig. 1. The appearance of the studied timber beam subjected to fire-retardant impregnation:  
a – beam size; b – wood sampling points, c – impregnation color scheme

Из спиленного деревянного бруса с целью установления проникновения огнезащитной пропитки в структуру материала были исследованы образцы, отобранные в следующих точках бруса:

- край обработанной древесины – образец 2 (отметка 1 на рисунке 1b);
- 2 см от края обработанной древесины – образец 3 (отметка 2 на рисунке 1b);
- 4 см от края обработанной древесины – образец 4 (отметка 3 на рисунке 1b);
- 7 см от края обработанной древесины, что соответствует середине бруса, – образец 5 (отметка 4 на рисунке 1b).

### Задачи исследования

Представляло интерес провести экспериментальные исследования и ответить на несколько вопросов:

1. Действительно ли нанесённая на деревянные конструкции пропитка является огнезащитной?
2. Происходит ли снижение выделения тепла деревянной конструкцией, пропитанной огнезащитным веществом, при температурном воздействии?
3. Есть ли отличие в поведении слоёв обработанной древесины от края бруса к центру (2, 4, 7 см от края) при воздействии температуры?
4. Подтверждается ли низкий уровень проникновения в материал и фактическая защита только его поверхностного слоя?
5. Какие вещества выделяются из огнезащищённых деревянных конструкций при термическом воздействии?

### Методы исследования

Исследования древесины проводились на термоанализаторе STA 449 F3 NETZSCH Jupiter 449 методом синхронного термического анализа, включающего дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК) и термогравиметрию (ТГ).

Нагрев пробы нативной древесины проводился до температуры 700 °С, нагрев проб обработанной древесины – до 900 °С; скорость нагрева составляла 20 °С/мин., продувочный газ печи – воздух с расходом 20 мл/мин., защитный газ весовой части прибора – азот с расходом 20 мл/мин. Было проведено по три испытания с последующей статистической обработкой данных. Масса образцов древесины – 5 мг.

Обработка результатов осуществлялась с помощью программного обеспечения NETZSCH Proteus Thermal Analysis, позволяющего получить следующие графические материалы:

- кривые, отражающие уменьшение массы образца (%) в зависимости от температуры (ТГ-кривые);
- кривые, фиксирующие тепловые эффекты, происходящие в материале при нагревании (дифференциально-сканирующая калориметрия, ДСК-кривые).

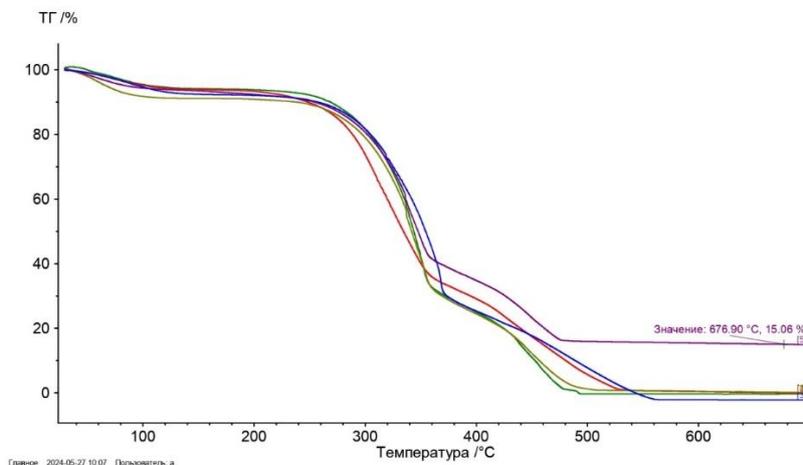
Спектральный анализ газообразных продуктов термического разложения проводился с помощью ИК-Фурье спектрометра Bruker Tensor 27 (фирмы «Bruker Optik GmbH», Германия), совмещённого с термическим анализатором STA 449 F3 Jupiter. Обработка спектральной информации проводилась с использованием пакета программ OPUS v5.0. Результат анализа (ИК-спектр) представляется в виде графического изображения, включённого в документ Microsoft Office Word, на котором отмечены положения основных полос поглощения.

### Результаты

На рисунках 2–3 представлены термогравиметрические кривые испытанных образцов чердачных балок до огнезащитной обработки и после в четырёх контрольных точках от края бруса при нагреве до 700 °С.

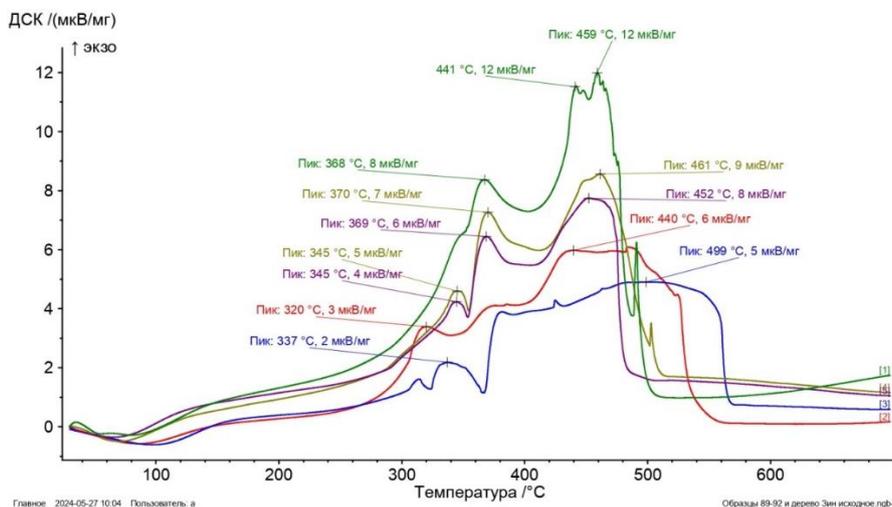
Как видно из рисунка 2, поведение всех образцов при термическом воздействии схоже до температуры 350 °С. Далее, по мере увеличения температуры, заметны отличия. Наименее устойчивыми к температурному воздействию по потере массы являются необработанная древесина (образец 1) и образец, отобранный в 4 см от края древесины (образец 4). Практически

полное сгорание их заметно при температуре 480 °С. Однако 5-ый образец (7 см от края обработанной древесины) после температуры 360 °С демонстрирует лучшее, по сравнению с другими образцами, сохранение массы – 15,06 % при достижении 676,90 °С. Температурные и временные интервалы наибольшей потери массы, по данным рисунка 2, – от 300 до 500 °С.



**Рис. 2. ТГ-кривые исследуемых образцов древесины:**  
**1 – древесина без обработки (зелёная линия); 2 – край обработанной древесины (линия красного цвета); 3–2 см от края обработанной древесины (линия синего цвета); 4–4 см от края обработанной древесины (линия болотного цвета); 5–7 см от края обработанной древесины (линия сиреневого цвета)**

Fig. 2. TG curves of the studied wood samples:  
 1 – untreated wood (green line); 2 – edge of treated wood (red line); 3–2 cm from the edge of treated wood (blue line); 4–4 cm from the edge of treated wood (swamp-colored line); 5–7 cm from the edge of treated wood (lilac line)



**Рис. 3. ДСК-кривые исследуемых образцов:**  
**1 – древесина без обработки (зелёная линия); 2 – край обработанной древесины (линия красного цвета); 3–2 см от края обработанной древесины (линия синего цвета); 4–4 см от края обработанной древесины (линия болотного цвета); 5–7 см от края обработанной древесины (линия сиреневого цвета)**

Fig. 3. DSC curves of the studied samples: 1 – untreated wood (green line); 2 – edge of treated wood (red line); 3–2 cm from the edge of treated wood (blue line); 4–4 cm from the edge of treated wood (swamp-colored line); 5–7 cm from the edge of treated wood (lilac line)

Как видно из рисунка 3, на образцах древесных балок, изъятых с чердака, огнезащита на материале действительно присутствует, о чём свидетельствуют ДСК-кривые необработанных

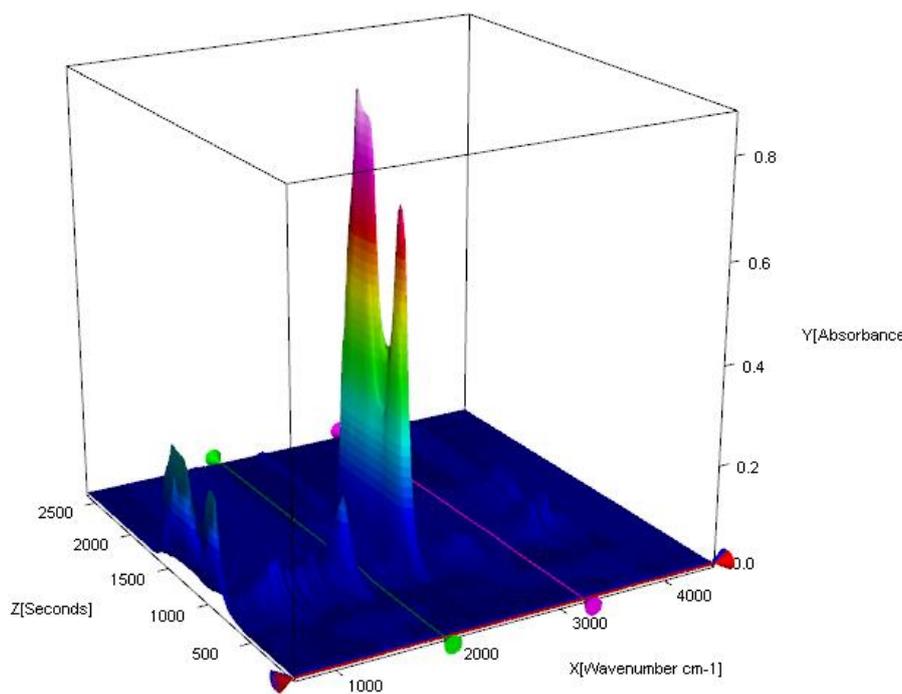
ной древесины (линия зелёного цвета, образец 1) и обработанной (цветные линии, кроме зелёной). Данный график подтверждает хорошее, качественное проведение огнезащиты, когда внешний слой (красная и синяя линии на рисунке 3) меньше всего выделяют тепла при горении. По мере проникновения вглубь балки количество выделяющегося тепла увеличивается. Разница в количестве выделяющегося тепла необработанной древесины (образец 1) и обработанной (образец 2) составляет 2,5 и 2 раза соответственно (8 и 12 мкВт/мг при 368 °С и 441–459 °С образца 1 против 3 и 6 мкВт/мг при 320 °С и 440 °С образца 2).

### Обсуждение результатов

Обработанная древесина гораздо меньше выделяет тепла, что является решающим для сдерживания процесса развития пожара и организации работ по спасению людей. Послойный анализ поведения образцов древесины указывает на наименьшее тепловыделение слоя древесины, расположенного в 2 см от края, что также является достоинством с точки зрения сдерживания развития пожара.

Для исследования газов, выделяющихся при пиролизе древесины, был использован совмещённый метод – ИК-Фурье спектроскопия и термогравиметрия. Метод ИК-спектроскопии, как один из наиболее информативных аналитических методов, используется для идентификации молекул или молекулярных фрагментов по групповым или характеристическим частотам. Расшифровка спектров проводилась в соответствии с работами [1, 13–15].

На рисунке 4 представлена 3D-диаграмма ИК-спектров летучих продуктов термического разложения только для одного образца древесины, отобранного с края балки (образец 2).



**Рис. 4. 3D-диаграмма ИК-спектров летучих продуктов термического разложения образца древесины, отобранного с края балки (образец 2)**

**Fig. 4. 3D diagram of IR spectra of volatile products of thermal decomposition of a wood sample taken from the edge of a beam (sample 2)**

Согласно рисунку 4, наибольшее количество летучих продуктов термолиза образуется в интервале времени от 500 до 1500 секунд (8,3–25 минут).

В интервале температур 20–174 °С (0–8,7 минуты эксперимента) выделяются в основном молекулы воды (сильная интенсивность сигнала при 3703–3910 см<sup>-1</sup>, 1494 см<sup>-1</sup>). Полоса поглощения 1349 см<sup>-1</sup> характерна для диоксида серы (средняя интенсивность сигнала), а полоса поглощения 2343 см<sup>-1</sup> – для углекислого газа (сильная интенсивность сигнала). В интер-

валах температур 174–320 °С и 320–532 °С на 8,8–26,6 минуты горения происходит в основном выделение углекислого газа (сильная интенсивность сигнала на полосе 2343 см<sup>-1</sup>).

Данные спектроскопического анализа газообразных продуктов термоллиза на 26,6–43,2 минуты горения (от 532 °С) свидетельствуют также о выделении остаточных молекул связанной воды и углекислого газа, но и, возможно, сероуглерода (сильная интенсивность сигнала на полосе 1541 см<sup>-1</sup>).

Для образцов 3 и 4 (древесина, отобранная в 2 см и 4 см от края обработанной древесины) для первых 11,9 минуты пиролиза зафиксировано выделение СН<sub>3</sub>СООН (средняя интенсивность сигнала на полосе 1792 см<sup>-1</sup>) и сероуглерода (сильная интенсивность сигнала на полосе 1541 см<sup>-1</sup>) на более поздних минутах термоллиза (20–43 минуты эксперимента). Выделение сероуглерода, например, опасно для пожарных, осуществляющих процесс тушения пожара, так как сероуглерод ядовит, обладая психотропным и нейротоксическим действиями.

На основании данных инфракрасной спектроскопии можно заключить, что при горении обработанной огнезащитным составом древесины в основном продукты горения безопасны, за исключением переноса горения в глубинные слои балок.

### Заключение

- в проведённом исследовании установлено наличие на деревянных балках огнезащитного покрытия;
- при температурном воздействии пропитанная древесина в 2–4 раза меньше выделяет тепла по сравнению с нативной древесиной;
- доказано отличие в поведении слоёв обработанной древесины при воздействии температуры: крайние слои выделяют меньшее количество тепла;
- не подтверждён низкий уровень проникновения пропитки в глубинные слои древесины;
- при горении в основном выделяются безвредные компоненты (вода и углекислый газ), за исключением глубинных слоёв, из которых выделяются пары уксусной кислоты и сероуглерода, что опасно для пожарных, осуществляющих процесс тушения пожара, и людей, не успевших эвакуироваться из горящего здания.

### ВКЛАД АВТОРОВ | CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Автор подтверждает ответственность за следующее: разработка концепции и дизайна исследования; сбор данных; анализ и интерпретация результатов; подготовка и редактирование текста.

The author confirms responsibility for the following: study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ | DISCLOSURE

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
The author declares no conflict of interest.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Панев Н.М. Анализ применения огнезащитных композиций древесины и разработка методов контроля: дисс. ... канд. техн. наук. Иваново, 2019. 98 с.
2. Солдатов Н.В., Циркина О.Г. Оценка эффективности использования препаратов для снижения пожарной опасности строительных материалов из древесины // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвящённой проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения. Иваново, 2021. С. 167–170.
3. Анохин Е.А., Полищук Е.Ю., Сивенков А.Б. Применение огнезащитных пропиточных композиций для снижения пожарной опасности деревянных конструкций с различными сроками эксплуатации // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26, № 2. С. 22–35.
4. Никулина Н.С., Никулин С.С. Бромирование 4-винилциклогексена и применение полученного продукта для повышения огнезащитных свойств древесины // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 3(61). С. 115–117.

5. Петрунина Е.А. Физико-химические свойства коры основных лесообразующих пород Сибири – LARIX SIBIRICA L. И PINUS SYLVESTRIS L.: дисс. ... канд. хим. наук. Красноярск, 2022.
6. Орликова В.П., Момот Д.И. Газовый анализ продуктов термического разложения древесины // Научный вестник НИИГД Респиратор. 2022. № 2(59). С. 64–72.
7. Петрунина Е.А., Лоскутов С.Р., Рязанова Т.В., Анискина А.А., Пермякова Г.В., Стасова В.В. Сравнительный анализ физико-химических свойств коры лиственницы и сосны: термический анализ и аналитический пиролиз // Сибирский лесной журнал. 2022. № 4. С. 35–49.
8. Кошелева О.Э., Паули И.А., Николаев Н.Ю. Изучение термодеструкции древесины после обработки химическими реагентами // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 2(698). С. 101–108.
9. Решетников А.А., Красновских М.П., Рогожников (Гарпинич) К.Н., Мокрушин И.Г. Пиролиз обработанной огнезащитными составами древесины погонажных изделий // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2020. Т. 10, № 3. С. 285–299.
10. Ерёмин Т.Ю. Снижение пожарной опасности строительных конструкций и материалов за счёт применения огнезащитных средств: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Санкт-Петербург, 2006.
11. Лобода Е.Л., Рейно В.В. Применение методов ИК-термографии для исследования природных пожаров и процессов горения // Технологии безопасности жизнедеятельности. 2024. № 5. С. 34–42. DOI: <https://doi.org/10.17223/29491665/5/5>
12. Покровская Е.Н., Портнов Ф.А., Кобелев А.А., Корольченко Д.А. Дымообразующая способность и токсичность продуктов сгорания древесных материалов при поверхностном модифицировании элементоорганическими соединениями // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22, № 10. С. 40–45.
13. Ющенкова Н.И., Недайвода А.К. Патент 2106183 Способ очистки отходящих газов и установка для его осуществления. Опубликовано 10.03.1998.
14. Принцева М.Ю., Чешко И.Д. Термический анализ и инфракрасная спектроскопия газообразных продуктов термической деструкции в экспертном исследовании антипирированной древесины // Пожарная безопасность. 2014. № 3. С. 96–101.
15. Редькин Н.А. ИК-Фурье спектроскопия и масс-спектрометрия в идентификации органических соединений. Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. 92 с.

## REFERENCES

1. Panev N.M. Analysis of the application of fire-retardant wood compositions and development of control methods. Ph.D. (Eng.) thesis. Ivanovo, 2019, 98 p. (In Russ.).
2. Soldatov N.V., Tsirkina O.G. Evaluation of the effectiveness of using preparations to reduce the fire hazard of wood building materials. *Fire and Emergency Safety: collection of materials of the XVI International scientific and practical conference dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation in 2021 and the 55th anniversary of the educational institution*. Ivanovo, 2021, pp. 167–170. (In Russ.).
3. Anokhin E.A., Polischuk E.Yu., Sivenkov A.B. Application of fire-retardant impregnating compositions to reduce the fire hazard of wooden structures with different service lives. *Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 2, pp. 22–35. (In Russ.).
4. Nikulina N.S., Nikulin S.S. Bromination of 4-vinylcyclohexene and the use of the resulting product to improve the fire-retardant properties of wood. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2014, no. 3 (61), pp. 115–117. (In Russ.).
5. Petrunina E.A. Physicochemical properties of the bark of the main forest-forming species of Siberia – LARIX SIBIRICA L. and PINUS SYLVESTRIS L.: Ph.D. (Chem.) thesis. Krasnoyarsk, 2022. (In Russ.).
6. Orlikova V.P., Momot D.I. Gas analysis of the products of thermal decomposition of wood. *Scientific Bulletin of the Research Institute of Gas and Wood Respirator*, 2022, no. 2 (59), pp. 64–72. (In Russ.).
7. Petrunina E.A., Loskutov S.R., Ryazanova T.V., Aniskina A.A., Permyakova G.V., Stasova V.V. Comparative analysis of the physicochemical properties of larch and pine bark: thermal analysis and analytical pyrolysis. *Siberian Forestry Journal*, 2022, no. 4, pp. 35–49. (In Russ.).
8. Kosheleva O.E., Pauli I.A., Nikolaev N.Yu. Study of thermal destruction of wood after treatment with chemical reagents. *News of Higher Educational Institutions. Construction*, 2017, no. 2(698), pp. 101–108. (In Russ.).
9. Reshetnikov A.A., Krasnovskikh M.P., Rogozhnikova (Garpinich) K.N., Mokrushin I.G. Pyrolysis of

- wood of moldings treated with fire retardants. *Bulletin of Perm University. Series: Chemistry*. 2020, vol. 10, no. 3, pp. 285–299. (In Russ.).
10. Eremina T.Yu. Reducing the fire hazard of building structures and materials through the use of fire retardants: Abstract of Ph.D. (Eng.) thesis. St. Petersburg, 2006. (In Russ.).
  11. Loboda E.L., Reino V.V. Application of IR thermography methods for the study of natural fires and combustion processes. *Life Safety Technologies*, 2024, no. 5, pp. 34–42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17223/29491665/5/5>
  12. Pokrovskaya E.N., Portnov F.A., Kobelev A.A., Korolchenko D.A. Smoke-forming capacity and toxicity of combustion products of wood materials with surface modification by organoelement compounds. *Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 10, pp. 40–45. (In Russ.).
  13. Yushchenkova N.I., Nedayvoda A.K. Patent 2106183 Method for cleaning exhaust gases and installation for its implementation. Published 10.03.1998. (In Russ.).
  14. Printseva M.Yu., Cheshko I.D. Thermal analysis and infrared spectroscopy of gaseous products of thermal destruction in the expert study of fire-retarded wood. *Fire Safety*, 2014, no. 3, pp. 96–101. (In Russ.).
  15. Redkin N.A. IR Fourier spectrometry and mass spectrometry in the identification of organic compounds: textbook. Samara: Publishing house of Samara University, 2019. 92 p. (In Russ.).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Будыкина Татьяна Алексеевна** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности, Академия гражданской защиты МЧС России (Химки, Российская Федерация).

✉ [tbudykina@yandex.ru](mailto:tbudykina@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9571-3166>

**Tatyana A. Budykina**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of Fire Safety Department, The Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia (Khimki, Russian Federation).

Статья поступила в редакцию / Received: 09.01.2025.

Доработана после рецензирования / Revised: 22.01.2025.

Принята к публикации / Accepted: 18.03.2025.