

Научная статья  
УДК 691.11.002.5

## ПРИМЕНЕНИЕ КОКАМИДОПРОПИЛ БЕТАИНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОПИТОЧНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

Алексей Евгеньевич Шкуро<sup>1</sup>, Татьяна Валерьевна Якубова<sup>2</sup>,  
Максим Наильевич Тухбатулин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>2,3</sup> Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС  
России, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> shkuroae@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> tatanaakubova71723@gmail.com

<sup>3</sup> tuchbatulin93@mail.ru

**Аннотация.** Исследовано влияние кокаמידопропил бетаина на свойства огнезащитного пропиточного состава для древесины. Показано, что добавка ПАВ снижает краевой угол смачивания с 77,2° до 56,1° и уменьшает потерю массы при горении на 10 %, повышая эффективность пропитки.

**Ключевые слова:** кокаמידопропил бетаин, ПАВ, древесина, огнезащита, антипирены, ОЗС, пропиточный раствор

**Для цитирования:** Шкуро А. Е., Якубова Т. В., Тухбатулин М. Н. Применение кокаמידопропил бетаина для повышения эффективности огнезащитного действия пропиточных растворов для древесины // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 493–497.

Original article

## APPLICATION OF COCAMIDOPROPYL BETAINE TO IMPROVE THE FIRE RETARDANT EFFICIENCY OF WOOD IMPREGNATION SOLUTIONS

Alexey E. Shkuro<sup>1</sup>, Tatiana V. Yakubova<sup>2</sup>, Maxim N. Tukhbatulin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2,3</sup> Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> shkuroae@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> tatanaakubova71723@gmail.com

<sup>3</sup> tuchbatulin93@mail.ru

**Abstract.** The effect of cocamidopropyl betaine on the properties of a fire-retardant impregnation composition for wood was researched. It was shown that the surfactant additive reduces the contact angle from 77.2° to 56.1° and reduces the mass loss during combustion by 10%, increasing the impregnation efficiency.

**Keywords:** cocamidopropyl betaine, surfactant, wood, fire protection, fire retardants, impregnating solution

**For citation:** Shkuro A. E., Yakubova T. V., Tukhbatulin M. N. (2026) *Primenenie kokamidopropil betaina dlya povisheniya effektivnosti ognezashchitnogo deistviya propitochnikh rastvorov dlya drevesini. [Application of cocamidopropyl betaine to improve the fire retardant efficiency of wood impregnation solutions]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies: materials of the XVII International Scientific and Technical Conference].* Ekaterinburg: USFEU, 2025. P. 493–497. (In Russ).

Древесина продолжает оставаться одним из самых популярных строительных материалов благодаря своим уникальным характеристикам: экологической чистоте, широкой доступности и превосходным механическим свойствам. Тем не менее, высокая горючесть требует применения надежных средств огнезащиты [1, 2].

Пропитка антипиренами остается наиболее эффективным методом защиты древесины от возгорания. Особую значимость в этой сфере приобрели растворы на основе фосфатов аммония, которые нашли широкое применение в различных отраслях:

- строительстве и ремонте;
- производстве мебели;

- обустройстве складских помещений;
- сельском хозяйстве;
- туристической индустрии.

Обработка деревянных конструкций – перекрытий, полов, дверей, мебели, сельскохозяйственных построек, шпал и мостовых элементов – существенно повышает их огнестойкость.

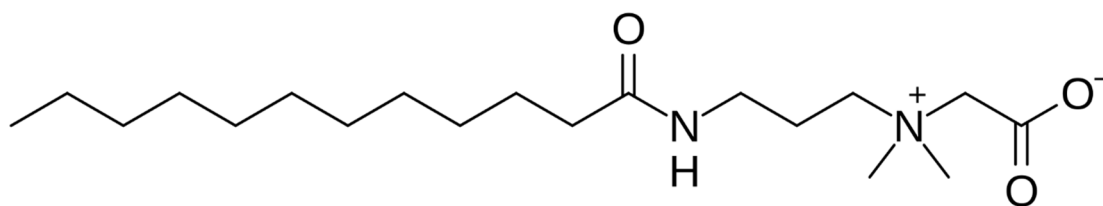
Основные достоинства фосфатных составов:

- легкость в приготовлении и нанесении;
- глубокое проникновение в структуру древесины;
- длительный защитный эффект;
- безопасность для здоровья.

Эффективность огнезащитной обработки зависит не только от типа антипирена, но и от качества пропитки. Ключевым показателем выступает интенсивность – равномерность и глубина проникновения состава в древесину.

Современные технологии предлагают инновационные решения для улучшения процесса пропитки. Перспективным направлением является использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение на границе жидкость–древесина. Это улучшает смачиваемость поверхности и обеспечивает более глубокое проникновение раствора в капиллярно-пористую структуру материала.

Кокамидопропил бетаин (рисунок) представляет особый интерес как компонент огнезащитных составов. Это амфотерное вещество, получаемое из жирных кислот кокосового масла, обладает умеренными пенообразующими и смачивающими свойствами. Его совместимость с анионными и неионогенными ПАВ делает его эффективным дополнительным компонентом. Оптимальная концентрация для достижения максимального эффекта составляет 0,05–0,10 % [3].



Структурная формула кокамидопропил бетаина

Цель исследования заключалась в оценке эффективности применения кокамидопропил бетаина для улучшения огнезащитного действия пропиточного раствора для древесины на основе фосфата аммония и тетрабората натрия.

В качестве основных компонентов пропиточного раствора были использованы антипирены – однозамещенный фосфат аммония (ГОСТ 3772-74) – 16,3 мас. %, тетраборат натрия (ГОСТ 8429-77) – 2,1 %, остальное – дистиллированная вода. Содержание кокаמידопропил бетаина составляло 0,03099 % от массы раствора, что согласно литературным данным, является эффективной концентрацией, обеспечивающей максимальное снижение поверхностного натяжения.

Водородный показатель определялся с помощью рН-метра марки Testo 206. Плотность определялась пикнометрическим методом. Вязкость растворов определялась с помощью ротационного вискозиметра Гепплера, краевой угол смачивания – по методу сидячей капли, при этом в качестве подложки использовался фторопласт. Испытание огнестойкости обработанных образцов древесины проводили на установке огневая труба по ГОСТ Р 57270-2016.

Результаты испытаний пропиточных растворов приведены в таблице: Опыт № 1 – дистиллированная вода, опыт № 2 – раствор антипиренов без добавления ПАВ, опыт № 3 – раствор антипиренов с кокаמידопропил бетаином.

Результаты испытаний пропиточных растворов

№ опыта	рН	Плотность р-ра, кг/м <sup>3</sup>	Динамическая вязкость р-ра, Па·с	Краевой угол смачивания, °	Потеря массы образцами древесины после испытаний на огнестойкость, %
1	5,8	997	$8,9 \cdot 10^{-4}$	83,1	28,2
2	4,9	1100	$9,4 \cdot 10^{-4}$	77,2	18,7
3	4,8	1101	$9,3 \cdot 10^{-4}$	56,1	16,8

На основании проведенных экспериментальных данных можно сделать вывод о положительном влиянии кокаמידопропил бетаина на эффективность огнезащитного состава. Добавление данного поверхностно-активного вещества в концентрации 0,03099 % от массы раствора не оказало существенного влияния на физико-химические показатели раствора (рН, плотность и вязкость остались практически на уровне базового состава без добавки), однако привело к значительному улучшению смачивающей способности. Это подтверждается снижением краевого угла смачивания с 77,2° до 56,1°, что свидетельствует о лучшем растекании раствора и повышении его проникающей способности в структуру древесины.

Улучшение смачивания напрямую коррелирует с повышением огнезащитной эффективности, что проявилось в снижении потери массы образцов при огневых испытаниях с 18,7% до 16,8 %. Таким образом, применение кокаמידопропилбетаина в качестве добавки к огнезащитному пропиточному раствору позволяет повысить его проникающую способность и улучшить конечные огнезащитные свойства обработанной древесины.

*Список источников*

1. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение и пожарная опасность древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21, № 1. С. 19–32.
2. Полищук Е. Ю., Халепа П. В., Сивенков А. Б. Древесина как элемент конструктивной огнезащиты // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 1(83). С. 34–41. DOI 10.25257/TTS.2019.1.83.34-41.
3. Mizerski A., Langner M. Properties of Foaming Concentrates Containing Mixtures of Sodium Dodecyl Sulfate and Cocami-dopropyl Betaine // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2008. Vol. 10, № 2. P. 57–66.

*References*

1. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Burning and Fire Hazards of Wood // Fire and Explosion Safety. 2012. Vol. 21, № 1. P. 19–32.
2. Polischuk E. Yu., Khalepa P. V., Sivenkov A. B. Wood as an Element of Constructive Fire Protection // Technologies of Technosphere Safety. 2019. № 1(83). P. 34–41. DOI 10.25257/TTS.2019.1.83.34-41.
3. Mizerski A. Langner M. Properties of Foaming Concentrates Containing Mixtures of Sodium Dodecyl Sulfate and Cocami-dopropyl Betaine // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2008. Vol. 10, № 2. P. 57–66.