

## Исследование применения иглофильтров в составе вакуумных установок для повышения эффективности борьбы с лесными пожарами

А.С. Лоренц<sup>1a</sup>, И.В. Григорьев<sup>2b</sup>, О.И. Григорьева<sup>3c</sup>, П.Б. Рябухин<sup>4d</sup>

<sup>1</sup> Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия

<sup>2</sup> Арктический государственный агротехнологический университет, Сергеляхское шоссе, 3, Якутск, Республика Саха (Якутия)

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup> Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, Хабаровск, Россия

<sup>a</sup> a.lorents@narfu.ru, <sup>b</sup> silver73@inbox.ru, <sup>c</sup> grigoreva\_o@list.ru, <sup>d</sup> PRyabukhin@mail.khstu.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0906-8779>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5574-1725>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5937-0813>,

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1735-1942>

Статья поступила 16.10.2023, принята 10.11.2023

*Целью написания рукописи является исследование применения иглофильтров в составе вакуумных установок для повышения эффективности борьбы с лесными пожарами. В статье проводится анализ существующих методов водопонижения и методов борьбы с лесными пожарами. Обсуждаются особенности иглофильтров как нового метода, и предлагается их использование в составе вакуумных установок. Также проводится обзор проведенных экспериментов и исследований, направленных на оценку эффективности иглофильтров и их применимости для тушения лесных пожаров. Иглофильтры в составе вакуумных установок демонстрируют потенциал в повышении эффективности борьбы с лесными пожарами. Они позволяют достичь более быстрого и точного понижения уровня воды, а также обладают преимуществами в использовании, такими как экологическая безопасность и снижение затрат. Применение иглофильтров в составе вакуумных установок представляет собой перспективное направление в разработке новых методов борьбы с лесными пожарами. Однако требуются дополнительные исследования и эксперименты для полного понимания потенциала и ограничений данного подхода. В дальнейшем использование иглофильтров может значительно улучшить эффективность борьбы с лесными пожарами и минимизировать их негативные последствия.*

**Ключевые слова:** лесные пожары; вакуумная установка; иглофильтр; уровень грунтовых вод

## Study of the use of wellpoints as part of vacuum plants to improve the efficiency of fighting forest fires

A.S. Lorents<sup>1a</sup>, I.V. Grigoriev<sup>2b</sup>, O.I. Grigoriev<sup>3c</sup>, P.B. Ryabukhin<sup>4d</sup>

<sup>1</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; 17, Severnaya Dvina Emb., Russia, Arkhangelsk

<sup>2</sup> Arctic State Agrotechnological University; 3 km, Sergelyakhskoye Shosse, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia)

<sup>3</sup> St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

<sup>4</sup> Pacific State University, 136, Tihookeanskaya St., Khabarovsk, 680035, Russia

<sup>a</sup> a.lorents@narfu.ru, <sup>b</sup> silver73@inbox.ru, <sup>c</sup> grigoreva\_o@list.ru, <sup>d</sup> PRyabukhin@mail.khstu.ru

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0906-8779>, <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5574-1725>, <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5937-0813>,

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1735-1942>

Received 16.10.2023, accepted 10.11.2023

*The purpose of the article is to study the use of wellpoints as part of vacuum installations to improve the efficiency of fighting forest fires. The article analyzes the existing methods of dewatering and methods of fighting forest fires. The features of wellpoint filters as a new method are discussed and their use as part of vacuum plants is proposed. Also, a review of the conducted experiments and studies aimed at evaluating the effectiveness of wellpoint filters and their applicability for extinguishing forest fires is carried out. Wellpoints as part of vacuum plants demonstrate the potential to improve the efficiency of fighting forest fires. They allow for faster and more accurate lowering of the water level, and also have advantages in use, such as environmental friendliness and cost savings. The use of wellpoints as part of vacuum plants is a promising direction in the development of new methods for fighting forest fires. However, more research and experimentation is needed to fully understand the potential and limitations of this approach. In the future, the use of wellpoints can significantly improve the efficiency of fighting forest fires and minimize their negative consequences.*

**Keywords:** forest fires; vacuum plant; wellpoint; groundwater level.

**Введение.** Методика тушения ландшафтных пожаров (утв. МЧС России 14 сентября 2015 г.) описывает различные способы локализации лесных пожаров. Один из представленных способов — тушение горячей кромки водой при помощи огнетушителей, мотопомп, пожарных автоцистерн, ранцевых опрыскивателей [1].

На ресурсе МЧС России [8] описаны основные способы и средства ликвидации лесных пожаров. Основную классификацию можно разделить на несколько групп, включая их размер, степень интенсивности, типы распространения и региональные характеристики. Основные методы пожаротушения зависят от этих классификаций и могут включать следующие подходы:

#### 1. Классификация по размеру:

– Маленький пожар: пожары, ограниченные небольшими площадями, которые могут быть контролированы ручными методами. Для их тушения могут использоваться ручные инструменты, лопаты, грабли и водопроводные системы.

– Средний пожар: пожары средней площади, требующие применения дополнительных ресурсов для их тушения. Такие пожары могут потребовать использования техники, авиации или пожарных команд для сдерживания огня.

– Большой пожар: крупные пожары, охватывающие большие территории леса или национальных парков. Борьба с такими пожарами может включать широкомасштабные операции, использующие большое количество пожарных команд, авиации и специализированной техники.

#### 2. Классификация по степени интенсивности:

– Контролируемый пожар: пожары, осуществляемые контролируемо с определенной целью, такой как периодическое обновление растительного покрова или управление экосистемами. Для таких пожаров могут использоваться специальные методы контроля и наблюдения, чтобы минимизировать их риск и воздействия.

– Неконтролируемый пожар: пожары, которые не могут быть полностью контролируемыми или ограниченными. В неконтролируемых пожарах приоритетом является защита жизни и имущества, а также минимизация ущерба для экосистем и природных ресурсов.

#### 3. Классификация по типам распространения:

– Земляные пожары: пожары, возникающие в основном на поверхности почвы и подстилающих материалах, таких как сухая трава, листья и хвоя. Земляные пожары могут быть тушены путем создания контрольных полос, использования ручных инструментов и водопроводных систем.

– Кроновые пожары: пожары, масштаб которых включает горение верхнего слоя деревьев и кроны. Для тушения таких пожаров может потребоваться использование авиации для сброса воды или огнеборцев, специализированных в области борьбы с пожарами в кронах.

4. Региональные характеристики лесных пожаров включают в себя различные факторы, которые влияют на их частоту, интенсивность и распространение. Важно учитывать эти характеристики при разработке новых методов водопонижения для эффективного противодействия лесным пожарам.

– Климатические условия: Уровень осадков, температура и влажность воздуха являются ключевыми факторами, влияющими на вероятность возникновения и распространения лесных пожаров. В регионах с жарким и сухим климатом пожароопасность обычно выше.

– Типы растительности: Различные типы растительности в разных регионах могут быть более или менее подвержены лесным пожарам. Например, сухие хвойные леса имеют более высокую пожароопасность, чем влажные лиственные леса.

– Топография местности: Рельеф местности оказывает значительное влияние на распространение пожаров. Наличие

уклона, долин и холмов может способствовать быстрому распространению огня.

– Населенные пункты и инфраструктура: Наличие жилых районов, дорог, лесопилок и других инфраструктурных объектов может повысить риск пожара и требовать более сложных и осторожных операций по тушению.

– Законодательные и управленческие меры: Законодательство и политика в области управления лесами и пожарной безопасности имеют основное значение для предотвращения и борьбы с лесными пожарами. Эффективное управление и координация между различными структурами и организациями также являются факторами регионального значения.

Имея полное представление о региональных характеристиках лесных пожаров, можно лучше адаптировать и применять новые методы водопонижения для более эффективного противодействия.

Вода является эффективным средством для тушения различных видов лесных пожаров, включая низовые, верховые и почвенные. В зависимости от специфики пожара, условий распространения и доступности воды, ее использование может быть направлено на предотвращение распространения пожара или полное тушение.

При тушении пожара вода может применяться как мощная компактная струя или в виде распыленной струи. Мощная струя способна разрушать горящие материалы, смешивая их с грунтом и выбрасывая на уже пройденную огнем территорию. Для повышения пожаротушающих свойств воды иногда добавляют смачиватели, такие как поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение и улучшают проникновение воды в пористые материалы. Вода с добавками ПАВ рекомендуется использовать при тушении низовых и почвенных пожаров, а также для дозатушивания.

При тушении крупных лесных пожаров, опыт показывает, что эффективная длина струи должна быть в пределах 12-15 м, а расход воды может колебаться от 2 до 4 л в сек [2]. Однако использование воды имеет некоторые ограничения, такие как ограниченная локализация источников пожара и трудности доступа к водоемам. В случае отсутствия водоемов непосредственно у кромки пожара, вода может быть доставлена с помощью автомобильных или тракторных цистерн, а в отсутствие дорог — с использованием вертолетов с емкостями, такими как тип П-1.00, или через воздушно-снабжающие установки (ВСУ) на внешней подвеске. В пересеченных местностях, таких как горы, рекомендуется размещать емкости на высоких точках или рядом с кромкой пожара. При этом полезно иметь пожарные рукава длиной от 200 до 300 м, по которым можно направлять воду непосредственно на место тушения или заполнять лесные огнетушители [1].

Данные способы ресурсозатратны и зачастую из-за большого «плеча перевозки» занимают значительный временной интервал. При обнаружении лесного пожара, даже в зоне применения наземных сил и средств, существует определенная проблема доставки лесопожарной техники к месту пожара из-за отдаленности района лесного пожара [16]. Все это определяет время начала тушения пожара, а, следовательно, увеличение площади пожара и возрастание его силы. Поэтому уменьшение интервала доставки ведет к увеличению эффективности локализации лесных пожаров и является актуальной задачей.

На сегодняшний день технология вакуумного водопонижения является одним из самых эффективных способов понижения уровня грунтовых вод. Методику возможно применить в условиях лесополосы для быстрого получения воды рядом с непосредственным местом ее распыления. Современные вакуумные установки водопонижения способны выдавать более 340 м<sup>3</sup>/час [6]. Данная производительность воз-

можно только при соблюдении определенных условий — правильно рассчитанный уровень грунтовых вод, диаметр, количество иглофильтров и т. п.

В Сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева было обнаружено, что есть тесная связь между уровнем грунтовых вод и количеством осадков в течение года. Если количество осадков большое, то уровень грунтовых вод становится выше, особенно если грунтовые воды находятся на большой глубине. После засушливых лет уровень грунтовых вод понижается, но это становится заметным только через год после засухи. В случае засушливых лет, атмосферные осадки могут восстановить уровень грунтовых вод, что помогает предотвратить значительный дефицит влаги для полей и рек, находящихся под лесом.

Глубина залегания грунтовых вод обычно небольшая на низколежащих участках, особенно вблизи поверхностных водных объектов, таких как ручьи, реки, болота и озера. Это также характерно для обширных геоструктурных понижений. На более высоких участках грунтовые воды обычно находятся на глубине более 4-5 метров. Почвы на таких участках являются автоморфными, и влагу для деревьев на этих участках обеспечивают атмосферные осадки.

Для определения уровня залегания грунтовых вод в лесных фитоценозах, работа А.И. Русаленко «Определение глубины залегания грунтовых вод в лесных фитоценозах» [7] предлагает несколько методов:

1. Однократное измерение уровня грунтовых вод в определенный период времени.

2. Измерение уровня грунтовых вод совместно с анализом количества атмосферных осадков.

3. Систематическое наблюдение за уровнем грунтовых вод для определения закономерностей и колебаний глубины залегания.

Однократное измерение глубины залегания грунтовых вод в конце мая или начале июня позволяет исключить влияние сезонных изменений, если количество атмосферных осадков за предшествующие 1-2 мес примерно соответствует среднегодовым значениям, то есть не было периодов явной засухи или чрезвычайно обильного увлажнения. Более точное определение среднегодовой глубины залегания грунтовых вод может быть достигнуто через систематическое наблюдение уровня грунтовых вод в специальных скважинах.

В табл. 1 приведены усредненные уровни грунтовых вод в зависимости от бонитета.

В статье «Применение иглофильтровых установок в Санкт-Петербурге» [9] авторы Ю.В. Волкова и др. отмечают, что в Северо-Западном регионе уровень грунтовых вод обычно находится на глубине от 0,2 до 2 метров от поверхности. При таких условиях, когда уровень грунтовых вод нахо-

дится на глубине до 2–3 метров, требуется более высокий вакуум (3–4104 Па) для достижения необходимого понижения уровня грунтовых вод с помощью иглофильтров.

Однако использование вакуума может усилить приток воды из грунта, поскольку более интенсивное откачивание воздушной смеси через верхнюю обнаженную часть иглофильтра может увеличить приток воды. Это объясняется тем, что удельный вес водовоздушной смеси меньше, чем у воды, и, следовательно, общий вес столба в водоподъемной трубе уменьшается. Таким образом, величина вакуума, создаваемого насосом, компенсирует не только вес столба воды, но и вес водовоздушной смеси. Это позволяет использовать оставшуюся энергию, создаваемую насосом, для более эффективного откачивания грунтовых вод. Для применения данного метода, вакуумный насос должен быть подключен к коллектору иглофильтровой установки для откачки воздуха.

**Таблица 1.** Усредненные уровни грунтовых вод в зависимости от бонитета

Уровень грунтовых вод, м	Бонитет
0.8	III, 7
1.0	II, 8
1.2	I, 4
1.4	I, 6
1.6	I, 5
1.8	I, 2
2.0	II, 8
2.2	II, 5
2.4	II, 3
2.6	II, 0
2.8	III, 7
3.0	III, 4
3.2	III, 2
3.4	III, 0
3.6	IV, 9
3.8	IV, 7
4.0	IV, 6
4.2	IV, 4

Проанализировав информацию с имеющихся источников, возможно полагать, что глубина залегания грунтовых вод в лесу по усредненным значениям не превышает 5 м. Используя труды М.И. Смородинова [14], необходимо выделить подходящие методики применения систем водопонижения (табл. 2).

**Таблица 2.** Область применения систем водопонижения (ориентировочная)

Глубина понижения уровня грунтовых вод, м	Грунты													
	Суглинок	Супесь	Песок					Гравий с песком	Гравий чистый	Галечник чистый	Многослойная водоносная толща (чередование пород различной водопроницаемости)			
			Мелкозернистый	Мелкий	Средний	Крупный	Крупный гравелистый							
	Коэффициент фильтрации, м/сут.													
0,005–0,4	0,2–0,7	1–2	2–10	10–25	25–50	50–100	75–150	100–200	>200	–				
До 5	умировавшиеся (Л, ИУ, ЭИ)	новоселические (Л, ИУ, ЭИ)	легкие (Л, ИУ, ЭИ)	миглы (Л, ИУ, ЭИ)	дофильтраты (Л, ИУ, ЭИ)	рамы (Л, ИУ, ЭИ)	У (однородный)	скважинный	интенсивный	тройной	хлорный	остаточный	и водосодержащий	У, В, со-четание ЛИ, У

Суть метода использования иглофильтрационных установок заключается в применении специальных фильтров для удаления воды из почвы. Это позволяет снизить содержание влаги в зоне пожара и создать барьер для распространения пламени.

В работе «Вакуумное водопонижение в практике строительства» [11] автор Рубен Николаевич Арутюнян отмечает,

что максимальное значение вакуума, которое может быть достигнуто в насосе иглофильтровой установки, составляет до 7104 Па. Учитывая вес столба воды в иглофильтре и гидравлические потери при прохождении воды через канал от фильтрующего звена иглофильтра до рабочего органа насоса, отрицательное давление в фильтровом звене иглофильтра

может достигать значения не более 2–3104 Па, если фильтрующее звено установлено на глубине не более 4–5 м от поверхности.

Процесс использования иглофильтрационных установок обычно включает несколько шагов. Сначала необходимо определить область, в которой требуется проводить водопонижение. Это может быть место текущего лесного пожара или потенциальной зоны, где возможно его возникновение. Иглофильтрационные установки состоят из ряда фильтров, которые монтируются в почву. После установки фильтров система иглофильтрации включается и начинается процесс извлечения влаги посредством вакуума. Вода, попавшая в фильтры, откачивается и удаляется из системы. Иглофильтрационные установки требуют периодического обслуживания и поддержания. Это может

включать очистку фильтров, замену их элементов, а также проверку и настройку системы в целом.

На рынке представлено большое количество установок водопонижения. Они характеризуются множеством параметров: по типу привода — дизельные, электрические; по способу перемещения — стационарные, передвижные

В условиях леса объективно выгодней использовать дизельные (автономные) передвижные вакуумные установки водопонижения. При использовании стационарных аналогов в момент погрузки-выгрузки необходимо привлекать подъемно-транспортные средства, что увеличивает временной интервал развертки установки.

Вся система водопонижения состоит из нескольких элементов [13], представленных в табличном виде:

**Таблица 3.** Возможная комплектация установки водопонижения

Наименование оборудования	Технические характеристики		Количество
Вакуумная установка	Подача, м <sup>3</sup> /ч	270	1
	Частота вращения, об./мин	3 000	
	Максимальная мощность потребляемая насосом, кВт	7,7	
	Высота подъема, м	8,50	
	Вакуумметрическая высота всасывания м. вод. ст	29	
	Вакуум в коллекторе по показанию вакуумметра, кг/см <sup>2</sup>	0,7	
	Кол. коллекторных звеньев длиной 5,8 м, шт.	30	
	Максимальная длина звена иглофильтра, м	6,5	
	Максимальное количество иглофильтров, шт.	150	
Максимальный КПД насосной части, % не менее	70		
Коллектор	ПНД труба с толщиной стенки 9,8 мм, муфта с соединениями		17
Соединительный вакуумный шланг (иглошланг)	Армированный прозр. ПВХ вакуум до 10 м.с., муфта с соединениями с силовыми хомутами 44/47		100
Иглофильтр ПВХ + Полиамид	В сборе с надфильтровым звеном с муфтами соединений иглофильтров к коллектору с силовыми хомутами		100
Муфта	соединительная с заглушками		50
Тройник	Серпластовый (полипропилен)		1
Отвод	90 градусов с муфтосоединениями		4
Заглушка коллектора	С муфтосоединениями (полипропилен)		2
Заглушка коллектора	внутренняя		2
Шланг напорно-всасывающий	Армированный		1
Шланг напорный	Не армированный		2

Также стоит учитывать, что при использовании технологии установки иглофильтров гидроразрывом необходимо предусмотреть емкость.

Суммарный вес представленного в табл. 3 оборудования не превышает 1,3 т, что позволяет использовать транспортно-технологическое средство повышенной проходимости с грузоподъемностью до 2 т.

**Заключение.** Лесные территории играют существенную роль в экономике России, поскольку представляют собой ценный источник полезных ресурсов. Сохранение и поддержка лесов являются приоритетными вопросами, на которые уделяется большое внимание. Лесные пожары причиняют значительный ущерб лесам, поэтому наличие организаций, активно занимающихся борьбой с пожарами и их предотвращением, имеет важное значение.

Лесные пожары являются стихийными бедствиями, которые приводят к серьезным экономическим потерям. Они также оказывают негативное воздействие на экологическую ситуацию, приводят к разрушению экосистемы и причиняют вред животному миру и людям. Такие пожары возникают в

результате неконтролируемого горения лесных насаждений, включая степные и горные территории.

Правильное реагирование на лесные пожары требует высокой компетентности и эффективных механизмов борьбы с ними. Организации, специализирующиеся на лесопожарной деятельности, проводят профилактические мероприятия, мониторинг и прогнозирование пожароопасности, а также оперативно реагируют на возникшие пожары для быстрого тушения и ликвидации последствий. Это включает в себя использование современных технологий, таких как авиационные и земные средства тушения, специальное оборудование и профессиональные бригады пожарных.

Объединение усилий всех заинтересованных сторон, включая правительственные органы, лесной сектор, население и общество в целом, необходимо для эффективной борьбы с лесными пожарами и их предотвращения. Только таким путем можно обеспечить устойчивое управление лесными ресурсами и сохранить их благополучие на долгие годы.

В последние годы лесные пожары возникают, в отдаленных местах, что затрудняет локализацию очага возгорания. Однако основной проблемой является добыча или транспор-

тировка водных ресурсов, поэтому в данной работе предложен метод получения воды, при помощи иглофильтров для вакуумного водопонижения.

Уровень залегания грунтовых вод в среднем составляет 4.2 м, но может варьироваться от 0 м, это преобладает на болотах, как и до 12 м в условиях возвышенности.

В различные временные периоды уровень грунтовых имеет существенные колебания, которые вследствие будут влиять на необходимое оборудование для их добычи. С целью унификации и структурировании необходимого объема данных для оценки возможности использования вакуумных установок водопонижения необходимо провести дополнительные изыскания, которые будут включать несколько основных рекомендаций:

1. Тип рельефа местности для добычи воды, максимально эффективный со стороны развертывания установки, подъездных путей, уровня залегания грунтовых вод и т.п.

2. Эффективные характеристики вакуумной установки водопонижения (вес, габаритные размеры, мощность, необходимое дополнительное оборудование и т. д.); Длину, количество и диаметры иглофильтров для откачки грунтовых вод.

#### Литература

1. Методика тушения ландшафтных пожаров: утв. МЧС России 14 сент. 2015 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71145496/> (дата обращения: 12.11.2023).
2. Справочно-информационная система «Ландшафтные пожары» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sibpsa.ru/> (дата обращения: 12.11.2023).
3. Артемьев Н.С., Теребнев В.В., Грачёв В.А. Пожаротушение лесов, торфяников и лесоскладов. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2013. 244 с.
4. Иглофильтры для водопонижения [Электронный ресурс]. URL: <https://pumpsmarket.ru/catalog/oborudovanie-vodoponizheniya/iglofiltry-legkie.html> (дата обращения: 14.10.2023).
5. Greenpeace получил первые результаты исследования причин лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL: <https://greenpeace.ru/news/2021/08/10/greenpeace-poluchil-pervye-rezultaty-issledovaniya-prichin-lesnyh-pozharov/> (дата обращения: 14.10.2023).
6. Установки водопонижения Varisco [Электронный ресурс]. URL: <https://atlas-co.ru/catalog/ustanovki-vodoponizheniya.html> (дата обращения: 14.10.2023).
7. Русаленко А.И. Определение глубины залегания грунтовых вод в лесных фитоценозах. Минск, 2009. [Электронный ресурс]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/143994632.pdf> (дата обращения: 14.10.2023).
8. Способы борьбы с лесными пожарами [Электронный ресурс]. URL: <https://59.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/3192062> (дата обращения: 12.11.2023).
9. Волкова Ю.В., Шкваров А.И., Духопельникова Н.Р., Рудевский В.М. Применение иглофильтровых установок в Санкт-Петербурге // Неделя науки СПбПУ: материалы науч. конф. с междунар. участием (19-24 нояб. 2018 г.). СПб., 2018. С. 136-138.
10. Способы понижения грунтовых вод при строительстве [Электронный ресурс]. URL: <https://borey-stroy.ru/articles/vidy-i-sposoby-vodoponizheniya> (дата обращения: 14.10.2023).
11. Арутюнян Р.Н. Вакуумное водопонижение в практике строительства. М.: Стройиздат, 1990. 184 с.
12. Установки водопонижения - Мотопомпы [Электронный ресурс]. URL: <http://avtocity-nn.ru/catalog/oborudovanie/nasosnoe-oborudovanie/motopompy/ustanovki-vodoponizheniya/> (дата обращения: 14.11.2023).
13. Вакуумная установка «Шторм М» [Электронный ресурс]. URL: <https://gruntvacuum.ru/katalog-oborudovaniya/vakuumnaya-ustanovka-shtorm-m/> (дата обращения: 12.11.2023).
14. Справочник по общественным работам. Основания и фундаменты / под общ. ред. М.И. Смородинова. М.: Стройиздат, 1974. 372 с.
15. Мясичев Д.Г., Шостенко Д.Н. Обоснование структуры системы самоходного оборудования для тушения лесных пожаров // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 2 (34). С. 172-177.

Иглофильтры в составе вакуумных установок демонстрируют потенциал в повышении эффективности борьбы с лесными пожарами. Они позволяют достичь более быстрого и точного понижения уровня воды, а также обладают преимуществами в использовании, такими как экологическая безопасность и снижение затрат. Применение иглофильтров в составе вакуумных установок представляет собой перспективное направление в разработке новых методов борьбы с лесными пожарами. Однако требуются дополнительные исследования и эксперименты для полного понимания потенциала и ограничений данного подхода. В дальнейшем, использование иглофильтров может значительно улучшить эффективность борьбы с лесными пожарами и минимизировать их негативные последствия.

*Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства». Часть материалов исследования получена за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.*

16. Елисеев А.А., Тарасова В.А. Использование форвардера John Deere для тушения лесных пожаров // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2021. № 2 (88). С. 78-85.
17. Ковалев Р.Н., Еналеева-Бандура И.М., Баранов А.Н., Григорьева О.И., Григорьев И.В. Математическая модель определения оптимального месторасположения лесных пожарно-химических станций с учётом уровня развития транспортных сетей на территории лесного фонда // Resources and Technology. 2021. V. 18. № 4. P. 77-92.
18. Комиссаров П.И. Применение аддитивных технологий для мониторинга уровня грунтовых вод в лесных массивах // Ломоносовские науч. чтения студентов, аспирантов и молодых ученых - 2023: сб. материалов конф. (1-30 апр. 2023 г.). Архангельск, 2023. С. 339-341.
19. Лоренц А.С., Лоренц А.В. Экологическая безопасность при эксплуатации иглофильтровой установки для тушения лесных пожаров // Ломоносовские науч. чтения студентов, аспирантов и молодых ученых - 2023: сб. материалов конф. (1-30 апр. 2023 г.). Архангельск, 2023. С. 401-403.
20. Полвинен Д.А. Установки водопонижения, иглофильтры (эжекторы, легкие иглофильтры) // Ломоносовские науч. чтения студентов, аспирантов и молодых ученых - 2023: сб. материалов конф. (1-30 апр. 2023 г.). Архангельск, 2023. С. 570-574.
21. Лоренц А.С. Влияние бонитета на уровень грунтовых вод в лесном фитоценозе // Повышение эффективности лесного комплекса: материалы Восьмой Всерос. нац. науч.-практической конф. с междунар. участием (24 мая 2022 г.). Петрозаводск, 2022. С. 103-104.

#### References

1. Methodology for extinguishing landscape fires: utv. MCHS Russia 14 sent. 2015 g. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71145496/> (data obrashcheniya: 12.11.2023).
2. Reference and information system "Landscape fires" [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.sibpsa.ru/> (data obrashcheniya: 12.11.2023).
3. Artem'ev N.S., Terebnev V.V., Grachyov V.A. Fire extinguishing of forests, peat bogs and lumberyards. M.: Akad. GPS MCHS Russia, 2013. 244 p.
4. Wellpoints for dewatering [Elektronnyj resurs]. URL: <https://pumpsmarket.ru/catalog/oborudovanie-vodoponizheniya/iglofiltry-legkie.html> (data obrashcheniya: 14.10.2023).
5. Greenpeace received the first results of the study of the causes of forest fires [Elektronnyj resurs]. URL: <https://greenpeace.ru/news/2021/08/10/greenpeace-poluchil-pervye-rezultaty-issledovaniya-prichin-lesnyh-pozharov/> (data obrashcheniya: 14.10.2023).
6. Varisco dewatering units [Elektronnyj resurs]. URL: <https://atlas-co.ru/catalog/ustanovki-vodoponizheniya.html> (data obrashcheniya: 14.10.2023).

7. Rusalenko A.I. Determination of the depth of groundwater in forest phytocenoses. Minsk, 2009. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/143994632.pdf> (data obrashcheniya: 14.10.2023).
8. Ways to fight forest fires [Elektronnyj resurs]. URL: <https://59.mchs.gov.ru/deyatnost/press-centr/novosti/3192062> (data obrashcheniya: 12.11.2023).
9. Volkova YU.V., SHkvarov A.I., Duhopel'nikova N.R., Rudevskij V.M. Application of wellpoint installations in St. Petersburg // Nedelya nauki SPbPU: materialy nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem (19-24 noyab. 2018 g.). SPb., 2018. P. 136-138.
10. Methods for lowering groundwater during construction [Elektronnyj resurs]. URL: <https://borey-stroy.ru/articles/vidy-i-sposoby-vodoponizheniya> (data obrashcheniya: 14.10.2023).
11. Arutyunyan R.N. Vacuum dewatering in construction practice. M.: Strojizdat, 1990. 184 p.
12. Dewatering plants - Motor pumps [Elektronnyj resurs]. URL: <http://avtocity-nn.ru/catalog/oborudovanie/nasosnoe-oborudovanie/motopompy/ustanovki-vodoponizheniya/> (data obrashcheniya: 14.11.2023).
13. Vacuum installation Storm M [Elektronnyj resurs]. URL: <https://gruntvacuum.ru/katalog-oborudovaniya/vakuumnaya-ustanovka-shtorm-m/> (data obrashcheniya: 12.11.2023).
14. Handbook of Public Works. Foundations and foundations / pod obsch. red. M.I. Smorodina. M.: Strojizdat, 1974. 372 p.
15. Myasishchev D.G., SHostenko D.N. Substantiation of the structure of the system of self-propelled equipment for extinguishing forest fires // Forestry Engineering Journal. 2019. V. 9. № 2 (34). P. 172-177.
16. Eliseev A.A., Tarasova V.A. Using a John Deere forwarder to put out forest fires // Social'no-ekonomicheskie i tekhnicheskie sistemy: issledovanie, proektirovanie, optimizaciya. 2021. № 2 (88). P. 78-85.
17. Kovalev R.N., Enaleeva-Bandura I.M., Baranov A.N., Grigor'eva O.I., Grigor'ev I.V. Mathematical model for determining the optimal location of forest fire and chemical stations, taking into account the level of development of transport networks on the territory of the forest fund // Resources and Technology. 2021. V. 18. № 4. P. 77-92.
18. Komissarov P.I. Application of additive technologies for groundwater level monitoring in forest areas // Lomonosovskie nauch. chteniya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh - 2023: sb. materialov konf. (1-30 apr. 2023 g.). Arhangel'sk, 2023. P. 339-341.
19. Lorenc A.S., Lorenc A.V. Environmental safety during the operation of a wellpoint installation for extinguishing forest fires // Lomonosovskie nauch. chteniya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh - 2023: sb. materialov konf. (1-30 apr. 2023 g.). Arhangel'sk, 2023. P. 401-403.
20. Polvinen D.A. Dewatering plants, wellpoints (ejectors, light wellpoints) // Lomonosovskie nauch. chteniya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh - 2023: sb. materialov konf. (1-30 apr. 2023 g.). Arhangel'sk, 2023. P. 570-574.
21. Lorenc A.S. Influence of bonitet on the groundwater level in the forest phytocenosis // Povyshenie effektivnosti lesnogo kompleksa: materialy Vos'moj Vseros. nac. nauch.-prakticheskoy konf. s mezhdunar. uchastiem (24 maya 2022 g.). Petrozavodsk, 2022. P. 103-104.

УДК 674

DOI: 10.18324/2077-5415-2023-4-129-135

## Повышение эффективности формирования защитно-декоративного покрытия древесины с помощью ультразвуковой обработки

В.А.Соколова<sup>1а</sup>, Ю.И. Беленький<sup>2б</sup>, С.А. Угрюмов<sup>3с</sup>

<sup>1</sup> Институт энергетики и автоматизации Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, ул. Ивана Черных, 4, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Институт технологии Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, ул. Ивана Черных, 4, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Институт технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия

<sup>а</sup> sokolova\_vika@inbox.ru, <sup>б</sup> 2000klp@gmail.com, <sup>с</sup> ugr-s@yandex.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6880-445X>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6880-445X>,

<sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1605-5834>

Статья поступила 27.09.2023, принята 31.10.2023

*В статье рассматривается вопрос повышения эффективности отделки древесины лакокрасочными материалами с помощью предварительной ультразвуковой обработки. Представлены результаты экспериментальных исследований образцов из древесины сосны с водно-дисперсионными лакокрасочными покрытиями. Рассматриваются варианты обработки образцов древесины ультразвуком до и после нанесения лакокрасочного покрытия. Установлено, что образцы древесины сосны с водно-дисперсионным лакокрасочным материалом, обработанные предварительно ультразвуком, обладают более высокими показателями адгезии, чем образцы, не обработанные ультразвуком. Сделан вывод, что обработка ультразвуком влияет на качество и физико-механические свойства древесины и покрытий. Результаты исследований показали, что толщина покрытий на образцах из древесины сосны с водно-дисперсионным лакокрасочным покрытием, предварительно обработанным ультразвуком, значительно больше, чем толщина покрытий других экспериментальных образцов. Это объясняется тем, что клетки ранней древесины сминаются (уплотняются), и вследствие этого уменьшается объем внутренней полости клеток. Доказано, что ультразвуковая обработка оказывает влияние на физико-механические свойства древесины, изменяя их. Предлагается использование ультразвуковой обработки в технологии формирования лакокрасочных покрытий на древесине. Применение ультразвуковой обработки перед нанесением лакокрасочного покрытия на древесину позволит повысить эффективность*