

УДК 504.056:614.841

*к.т.н. Левченко Э. П.
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР),*

к.ю.н. Малкин В. Ю.

(Институт гражданской защиты ЛГУ им. В. Даля, г. Луганск, ЛНР),

Макаревич А. Г.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР),

Левченко М. Э.

(Институт гражданской защиты ЛГУ им. В. Даля, г. Луганск, ЛНР)

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕР ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Работа посвящена решению проблемы возникновения и распространения лесных пожаров в аспекте глобального потепления климата путем применения технических мер фракционирования растительного горючего материала, что способствует его скорейшему разложению. Показаны пути и методы снижения вероятности негативного влияния лесных пожаров.

Ключевые слова: лесные пожары, древесная растительность, технические меры, измельчение, разложение, загрязнение атмосферы, парниковые газы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Особое значение в нынешних условиях приобретает эффект устойчивого потепления климата на планете Земля [1]. Причем официально принимаемые международным сообществом меры по его стабилизации или торможению практически не дают никакого положительного эффекта. Среднегодовая температура постоянно повышается, что приводит к увеличению количества жарких дней в году и к все большему влиянию засухи.

В последнее время на всем земном шаре наблюдается тенденция увеличения лесных пожаров, которые активно разрастаются по причине наличия больших массивов горючих веществ, особенно этому благоприятствует высохшая растительность и древесина, часто имеющаяся в заповедных зонах по причине охранного соблюдения режима таких территорий. В информационном плане наибольшее освещение чаще получают лесные пожары в США, приводящие к значительным экономическим ущербам.

Российская Федерация не остается исключением, и, кроме того, обладая крупнейшей территорией, часто с редко заселенными и вообще не заселенными участ-

ками, например, тайги, также подвержена появлению и распространению лесных пожаров. К сожалению, такие пожары из-за территориальной отдаленности от человеческой цивилизации зачастую могут быть выявлены не сразу, а по истечении достаточно длительного времени, что усугубляет возможности их тушения.

Вероятность снижения экономического и экологического ущерба определяется ранним выявлением, локализацией и полным устранением источников природных пожаров.

Объектом исследования является возможность создания условий снижения риска появления и последующего распространения лесных пожаров.

Предмет исследования — особенности создания условий, не допускающих появления большой пожарной опасности путем своевременного выявления и ликвидации сухостоя.

Задачи исследования — анализ возможностей горения различной древесины и создание основ методики снижения ее горючести.

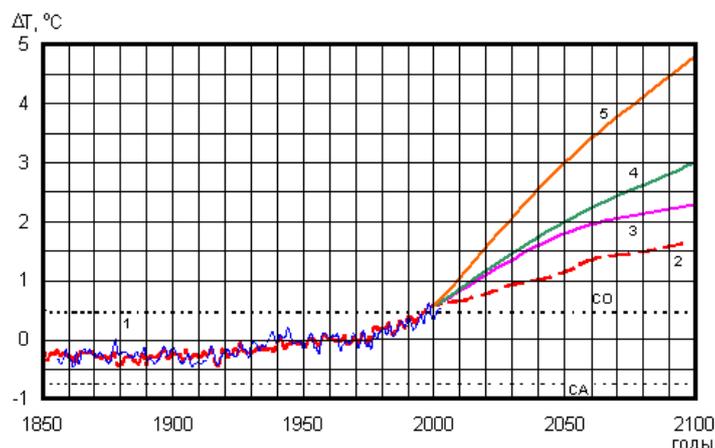
Методика исследований. Аналитические методы изучения физических свойств древесины разных пород и технико-

экологическое обоснование мероприятий, необходимых для минимизации возникновения условий ее возгорания.

Изложение материала и его результаты. Для основной северной территории России, преимущественно покрытой лесами, среднегодовая температура характеризуется графиком, представленным на рисунке 1 [2]. Согласно этим же исследованиям, практически на всей территории Российской Федерации превалирует достаточно интенсивное потепление (рис. 2), где количественный прирост составил $1,5^{\circ}\text{C}$ за столетний период (красный и коричневый цвет характеризуют наибольшее потепление) [2].

Статистика возникновения пожаров устойчиво показывает, что количество их возникновения неуклонно возрастает. При этом за годовой период в Российской Федерации возникает от 9 тыс. до 35 тыс. таких пожаров, которые характеризуются площадью воздействия 500 и более млн га. В соответствии со сведениями МЧС РФ и Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) только с 1992 по 2018 гг. произошло больше 630000 лесных пожаров, что наносит огромный экономический и экологический вред.

Площадь лесов, охваченная пожарами, в хронологической последовательности по годам показана в таблице 1 (рис. 1) [3].



1 — экспериментальные данные (приборные измерения); 2–5 — различные модельные прогнозы

Рисунок 1 Средняя температура с 1850 по 2100 гг.

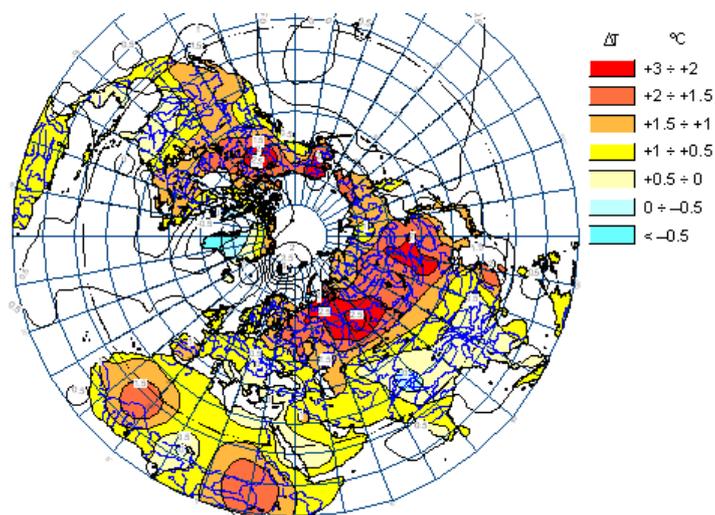


Рисунок 2 Средние весенние температуры Северного полушария с 1986 по 2005 гг.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Таблица 1
Площадь распространения лесных пожаров
в РФ по годам

Года	Площадь пожаров, млн га
2006	7,4
2007	4,2
2008	13,6
2009	7,3
2010	6,8
2011	8,1
2012	18,1
2013	6,3
2014	9,3
2015	6,4
2016	9,5
2017	9,3
2018	15,4
2019	16,5
2020	16,5
2021	18,2

Как видно из рисунка 1, количество пожаров постоянно возрастает со временем, а прогнозирование на будущее с помощью даже самых различных моделей носит устойчивый динамический характер, напоминающий зависимость ближе к экспоненциальной, что говорит о необходимости самого серьезного подхода к описываемой проблеме. Следовательно, применение традиционных ограничительных мер организационного характера уже в современных условиях не дает какого-то значимого результата, что требует внедрения новых активных современных подходов.

При дальнейшем игнорировании данного вопроса и имитации бюрократических мер ситуация имеет свойства сильно усугубиться, поэтому крайне желательно ее самое широкое освещение для всех масс населения, а лучше в комплексе с изменением информационно-культурного состояния общества на основе подачи во все его слои без исключения соответствующих знаний, направленных не на деградацию, а на всеобщий подъем нравственности социума.

Закономерно, что с повышением температуры общее количество пожаров в мире

также возрастает, причем Россия с ее огромнейшей территорией суши занимает второе место в мире по количеству лесных пожаров (табл. 2) за 2019 г. [3].

Основным параметром, влияющим на возникновение, распространение и поддержания пожаров, является теплоотдача горючего вещества (табл. 3), которая зависит от типа и характера состояния древесины.

Древесное топливо, обладающее сравнительно малой плотностью, характеризуется горением высоким пламенем более светлого оттенка с выделением меньшего количества тепла, чем топливо плотных пород, при горении которых образуется невысокое пламя и большая жаропродуктивность. При этом температура горения показана в таблице 4.

Таблица 2
Статистика пожаров в мире за 2019 г.

Место	Страна	Количество пожаров
1	США	1292
2	Россия	471
3	Франция	316
4	Великобритания	223
5	Польша	154
6	Украина	97
7	Египет	51
8	Австрия	43
9	Болгария	42
10	Корея	40

Таблица 3
Тепловые свойства древесины

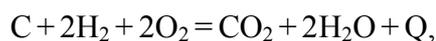
Тип древесины	Теплотворная способность, кВтч/кг	Объемная плотность, кг/дм ³
Граб	4,2	0,72
Бук	4,2	0,69
Ясень	4,2	0,69
Дуб	4,2	0,67
Береза	4,2	0,65
Лиственница	4,3	0,59
Сосна	4,3	0,52
Ель	4,3	0,47

Таблица 4
Температура горения различной древесины

Тип древесины	Жаропроизводительность, %	Температура, °С
Бук, ясень	87	1044
Граб	85	1020
Зимний дуб	75	900
Лиственница	72	865
Летний дуб	70	840
Береза	68	816
Пихта	63	756
Акация	59	708
Липа	55	660
Сосна	52	624
Осина	51	612
Ольха	46	552
Тополь	39	468

К некоторым характерным особенностям относится то, что древесина повышенной влажности горит и возгорается менее активно в связи с тем, что некоторая часть тепловой энергии затрачивается на выпаривание влаги. Скругленная форма дров также способствует худшему воспламенению. Массивные дрова склонны к более худшим условиям горения, как и гладкая форма струганой древесины.

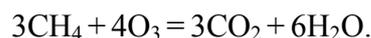
В идеальном виде горение древесины описывается химической формулой [4]



где Q — выделяющаяся теплота.

При этом, как видно, выделяется углекислый газ, который способствует дальнейшему потеплению климата, т. к. увеличивается его приземная концентрация, что препятствует полноценному теплообмену между Землей и космосом. Выделяющиеся водяные пары впоследствии служат образованием облачного покрова. Однако идеальные условия горения практически никогда не осуществляются из-за нехватки кислорода, которого в воздухе содержится не более 21 %, поэтому большая роль в загрязнении воздуха принадлежит угарному газу, как продукту неполного сгорания углерода из-за нехватки кислорода, т. е. неполного окисления углерода.

Кроме того, при горении значительной части лесных массивов в условиях, где имеется вечная мерзлота (особенно в тайге), повышается выделение метана из почвы, что характеризуется еще большим выделением воды и образованием углекислого газа при одновременном разрушении тонкого озонового слоя



Таким образом, распространение лесных пожаров приводит не только к большим материальным потерям ввиду утраты ценных сырьевых ресурсов, но и влечёт за собой дальнейшее глобальное потепление, которое, в свою очередь, напрямую способствует повышению вероятности лесных пожаров из-за более благоприятных условий сушки растительного топлива. Следовательно, особую роль в наше время и в будущем играют способы и мероприятия по всевозможному предотвращению пожаров, как организационного, так и технического характера с целью снижения вероятностных условий пожарообразования.

Если в качестве организационных мероприятий применяется вариант ограничения и недопущения к лесным ресурсам в жаркую погоду, то его эффективность зависит в первую очередь от культуры поведения человека в обществе, которая пока еще остается на довольно низком уровне. В этой связи некоторую компенсацию низкой культуре поведения на природных объектах можно дополнить их альтернативной технической подготовкой, особенно в местах популярных для доступа человека.

В частности, в зарубежной практике в некоторой степени нашла место предварительная переработка отживших деревьев методом дробления древесины, что позволяет оставлять ее на местах в виде более мелкой щепы и стружки. Благодаря этому происходит ее более интенсивное увлажнение под действием природной влаги, а повышенная сыпучесть затрудняет горение ввиду плохих условий подачи кислорода воздуха, т. к. затрудняется его доступ

по всему объему, хотя может происходить поверхностное тление.

Доказано [5], что в таежных районах повышенной скорости разложения крупных древесных остатков, включающих в себя корни, ветки и кору, в значительной мере способствует имеющаяся там природная влажность. Разложение дерева в целом зависит от природной зоны, его породы и размеров, наиболее медленно разлагаются ветви. При этом существенное значение имеет крупность разлагающихся частиц, а именно более мелкие фракции древесины разлагаются быстрее.

В настоящее время промышленность выпускает огромный номенклатурный ряд технических устройств для измельчения сухостоя, валежника и остатков деревьев в виде пней, некоторые примеры которых приведены в таблице 5 и имеют различный принцип измельчения.

По исполнительскому замыслу и предназначению такие машины могут иметь самые разные массогабаритные характеристики в зависимости от объемов выполняемой работы (рис. 3).

Например, для малых логичных подсобных хозяйств и приусадебных территорий применяются малогабаритные мульчеры (рис. 3, а), для переработки в щепу древесно-кустарниковой растительности. Для ликвидации торчащих из земли пней используются машины с ручной (рис. 3, б) или механизированной подачей (рис. 3, в).

По сути обеспечивает покрытие почвы измельченным слоем древесной стружки (мульчи), которая как создает защитный слой, так и является питательной средой для биологических организмов, способствующих ее быстрейшему разложению, особенно при достаточном наличии влаги. Наряду с расчисткой территории от зарослей мульчеры обеспечивают равномерный разброс стружки под действием режущих органов, что облегчает ручной труд работника на эти цели.

При масштабных работах в крупных лесных хозяйствах с большими площадями

обработки поверхности лесного массива наряду с навесным оборудованием к тракторной технике применяются и специализированные самоходные машины на гусеничном или колесном ходу, оснащенные массивными фрезами больших диаметров, а также на базе навесного оборудования к экскаваторам и трелёвочным машинам [6].

Рациональный подбор такой дробильно-измельчительной техники основывается на учете наибольших размеров удаляемых пней, их количестве, глубине обработки почвы, рельефе местности и других особенностях. На труднодоступных участках применяют гусеничную технику, а при хорошей проходимости колёсную технику.

В настоящее время имеются значительные возможности выполнения оценки материального ущерба, вызванного лесными пожарами за счет выбросов в атмосферу различных загрязняющих веществ, в том числе и парниковых газов [7].

При выполнении таких оценок отдельное влияние парниковых газов и других загрязнителей, выделяющихся при возгорании леса, ведется с учетом интегрального объема каждого конкретного загрязнителя на основе эквивалентных величин углеродных единиц, учитывающих влияние глобального потепления, установленного ГОСТ Р 56267-2014/ISO/TR 14069:2013 [8].

Как правило, выполняемые расчеты не требуют высокой напряженности и монотонности труда и лишь сводятся к вводу численных значений характеристик, имеющихся в программном окне полей формы (рис. 4).

При горении одного килограмма горючих материалов выделяется 400 мг оксида углерода (угарного газа), когда в средней внутренней части пламени его концентрация около 250–300 мг/л, над огненным факелом 25–30 мг/л, а у земной поверхности перед зоной горения 0,7–2,0 мг/л [2].

Это говорит о том, что появление и распространение лесных пожаров наносит огромный вред не только экономике Российской Федерации, но и оказывает существенное влияние на глобальное потепление

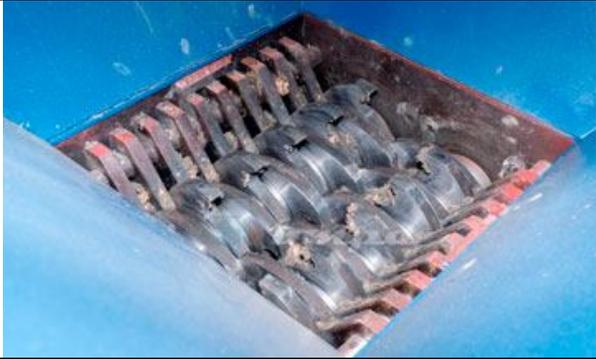
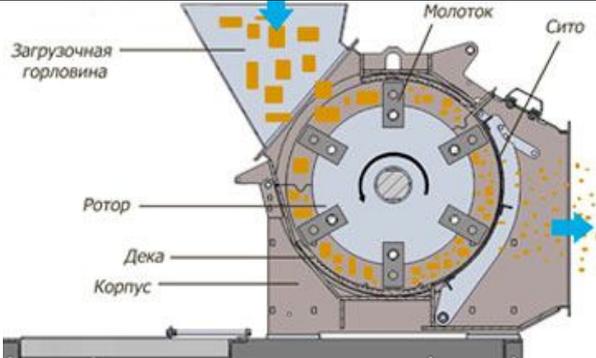
РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

климата. Причем наряду с парниковыми газами с дымом выделяется значительное количество сажевых частиц, которые, на-

ходясь в атмосфере, активно нагреваются солнечной радиацией, тем самым повышая температуру воздуха.

Таблица 5

Виды измельчителей лесной растительности

Тип измельчителя	Методика определения по нормативно-техническим документам
Валковая дробилка (Шрёдер)	
Молотковая дробилка	
Роторный измельчитель	
Барабанная рубильная машина	

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ



а)

б)



в)

а — малогабаритный ручной мульчер; б — мульчер с ручной подачей;
в — измельчители пней на базе гусеничной и колесной техники

Рисунок 3 Разновидности мульчеров

Пройденная огнем площадь, га			
Верховой пожар		Низовой пожар	
Занятые лесными насаждениями площади	Лесная площадь не занятая лесными насаждениями	Занятые лесными насаждениями площади	Лесная площадь не занятая лесными насаждениями
200	1000	5	0
Стоимость углеродной единицы (по умолчанию указано на 2021 год), 460,43 Период действия лесного пожара, дней 1 Запас растительных горючих материалов, тонн/га на площадях занятых лесными насаждениями площади 121,4 на лесных площадях не занятая лесными насаждениями 22,4			
Коэффициент сгорания			
для верхового пожара		для низового пожара	
0,43		0,15	
Коэффициент инфляции (по умолчанию указан на октябрь 2021 года) 1,046			
Основные парниковые газы	Коэффициенты выбросов, г/кг	Потенциал глобального потепления	
CO2, Carbon Dioxide	2000	1	
Метан CH4, (Methane)	4,7	25	
Оксид азота, N2O (Nitrous Oxide)	0,26	298	
Прочие загрязняющие вещества	Коэффициенты выбросов, г/кг	Таксы за выброс 1 тонны загрязняющих веществ, рублей	
Углерода оксид, CO (Carbon Monoxide)	107	5000	
Прочие оксиды азота, NOx	0,26	64289	
Acetic Acid, (СН3СООН)	4,41	12292	
Углеводороды предельные C1-C5 (исключая метан), (НМОС identified + unidentified)	58,7	12292	
Прочие летучие неметановые органические соединения, (НМОС identified)	29,3	12292	
Взвешенные вещества PM2.5	15,3	650000	

Рисунок 4 Программные окна расчетных форм

Успешное решение учета выброса нежелательных парниковых газов при лесных пожарах, а также их экономического ущерба находит свое решение в достаточно упрощенной форме, в соответствии с общепринятыми на государственном уровне методиками расчета, а современные программные средства, в частности, имеющиеся в ресурсной базе интернета, позволяют выполнять необходимые вычисления при относительно низком уровне ручной рутинной работы.

Выводы и направление дальнейших исследований. Природные лесные пожары наносят существенный вред не только на региональном уровне, но и в глобальном плане, способствуя всеобщему потеплению климата. Для минимизации ущерба в настоящее время организационных мер в предупреждении пожаров становится недостаточно, поэтому требуются активные технические способы борьбы с сухостоем для вероятностного снижения его выгора-

ния. В качестве технических мер рассмотрено рациональное применение способов и устройств для своевременного измельчения древесины, что способствует не только ее быстрому разложению в плодородный слой, но и обеспечивает худшие условия воспламенения. Имеющиеся методики расчета экономических потерь от пожаров желательно модернизировать с учетом применения технических мер, для чего требуются дополнительные научные изыскания, позволяющие количественно оценить степень измельчения растительных компонентов на пожароопасность.

Для дальнейшего развития и продолжения исследований по данному направлению предполагается изучить влияние фракционного состава измельченной древесины на скорость ее разложения и способность возгорания, а также длительности поддержания процесса горения с учетом типа древесины и влажностных условий окружающей среды.

Библиографический список

1. Левченко, Э. П. Перспективы управления агрегатным состоянием водных ресурсов на основе глобального потепления климата [Текст] / Э. П. Левченко // Экологический вестник ДонГТИ. — 2021. — № 2. — С. 28–37.
2. Климатическая сенсация. Что нас ожидает в ближайшем и отдаленном будущем? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://m.polit.ru/article/2007/02/15/klimenko/>.
3. Почему в России не хватает денег и сил на тушение пожаров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://stories.media/interviews/2021/07/28/esli-situatsiyu-s-pozharami-ne-perelomiti-budem-goret-yeshchyo-bolshe/>.
4. Воспламенение и горение древесины. Древесные материалы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cbsbalashihi.ru/alternative-energy/vosplamnenie-i-gorenie-drevesiny-drevesnyematerialy.html>.
5. Как разлагается дерево [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://indicator.ru/agriculture/kak-razlagaetsya-derevo.htm>.
6. Левченко, М. Э. Влияние лесных пожаров на окружающую среду и пути снижения опасности их возникновения [Текст] / М. Э. Левченко, Э. П. Левченко // Сборник материалов Тринадцатой студенческой экологической научно-практической конференции ДонГТИ. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — С. 35–40.
7. Вред, причиненный атмосферному воздуху как компоненту природной среды вследствие лесных пожаров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://firescience.ru/blanketing/blanketing.html>.
8. Левченко, М. Э. Влияние природных пожаров на окружающую среду и современные средства оценки нанесенного ими вреда [Текст] / М. Э. Левченко, Э. П. Левченко // Планета — наш дом : сборник материалов XIV международной молодежной научной конференции. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022. — С. 46–50.

9. Опыт прогнозирования загрязнения приземного воздуха в Московском регионе на основе данных химических транспортных моделей: результаты тестирования, проблемы, перспективы [Текст] / И. Н. Кузнецова, И. Ю. Шалыгина, М. И. Нахаев и др. // Загрязнение атмосферы городов : труды научно-практической конференции. — СПб. : Изд-во ГГО им. А. И. Воейкова, 2013. — С. 79–81.

© Левченко Э. П.

© Малкин В. Ю.

© Макаревич А. Г.

© Левченко М. Э.

*Рекомендована к печати д.м.н., и.о. глав. врача ГС «Алчевская городская СЭС» МЗ ЛНР
Капрановым С. В.,
к.х.н., зав. КМНИЛ НЦМОС ДонГТИ Смирновой И. В.*

Статья поступила в редакцию 21.09.2022.

Ph.D. in Engineering Levchenko E. P. (*DonSTI, Alchevsk, LPR*), **Ph.D. in Law Malkin V. Yu.** (*Institute of Civil Defence of LSU named after V. Dahl, Lugansk, LPR*), **Makarevich A. G.** (*DonSTI, Alchevsk, LPR*), **Levchenko M. E.** (*Institute of Civil Defence of LSU named after V. Dahl, Lugansk, LPR*)

MAIN TECHNICAL ASPECTS OF FOREST FIRE PREVENTION MEASURES

The work is devoted to solving the problem on fire occurrence and spreading in forests in the aspect of global climate warming by applying technical measures for the fractionating some plant combustible material, which contributes to its rapid decomposition. The ways and methods are presented to reduce the probability of negative impact of forest fires.

Key words: *forest fires, woody vegetation, technical measures, shredding, decomposition, air pollution, greenhouse gases.*