

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕСНОЙ  
ПОДСТИЛКИ В ПОЖАРООПАСНЫХ РАЙОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

С.С. Кралинова, Н.Е. Шлегель

Научный руководитель: к.ф.-м.н. А.О. Жданова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

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

**DETERMINATION OF THERMOPHYSICAL AND THERMO-KINETIC PROPERTIES OF FOREST  
COMBUSTIBLE MATERIALS IN FIRE-FIGHTING AREAS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

S.S. Kralinova, N.E. Shlegel

Scientific Supervisor: Phd. A.O. Zhdanova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

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

***Abstract.** Experimental studies to determine the thermophysical and thermokinetic properties (thermal conductivity, specific heat) of forest combustible materials were made. Typical materials of the softwood and deciduous forests of fire-dangerous regions of the Russian Federation were used as samples. The received results will be able to form a basis for establishment of features and regularities of influence of coefficient of thermal conductivity, specific heat of on process of the suppression of forest combustible materials thermal decomposition reaction at local ignition of a forest zone.*

**Введение.** Лесные пожары наносят вред глобального характера на экологические, экономические и социальные сферы деятельности жизни многих стран мира [1, 2]. Выявлено, что важной составляющей при распространении стихийных пожаров являются не только физические аспекты процесса горения, но и химия стадий деструкции ЛГМ, а также кинетика пиролиза горючего материала [3, 4]. При этом опубликовано недостаточно данных по влиянию теплофизических свойств ЛГМ на процесс прекращения его термического разложения. Цель настоящей работы – экспериментальное исследование влияния теплофизических и термокинетических параметров лесных горючих материалов на условия и характеристики процесса подавления реакции его термического разложения.

**Материалы и методы исследований.** В качестве ЛГМ был рассмотрен неживой компонент наиболее пожароопасных регионов России – Дальневосточного, Центрального и Сибирского Федеральных округов.

Для измельчения ЛГМ использовали быстроходную роторную мельницу Pulverisette (размер частиц составил около 200 мкм). Сделанные таким образом порошки исследуемых материалов при помощи гидравлического пресса спрессовывались в образцы цилиндрической формы. Для измерения теплофизических характеристик ЛГМ (коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, Дж/(кг·К), коэффициент температуропроводности, см<sup>2</sup>/с) использовалась система DLF-1200 TA Instruments [5], принцип действия которой основан на оценке скорости распространения импульса тепла в толще образца.

Для проведения измерений обязательно наличие калибровочного образца, загружаемого в модуль термостата одновременно с тестируемыми образцами. В качестве калибровочного образца использовался материал с известными теплофизическими характеристиками – Рутех7740. Перед помещением в термостат для образцов ЛГМ определяются масса, высота, диаметр основания и плотность. Эти данные заносятся в программное обеспечение системы DLA-1200 TA Instruments.

Термический анализ ЛГМ проводился на синхронном термоанализаторе STA 449F3 NETZSCH в следующих условиях: образец помещался в корундовый тигель, масса образца составляла 25 мг, нагрев от 300 К до 1270 К со скоростью 10 К/мин в среде аргона с расходом газа 100 мл/мин.

**Результаты.** На рисунке 1 и 2 соответственно представлены полученные в результате экспериментальных исследований значения теплофизических характеристик для образцов Сибирского федерального округа (Томской области) и Дальневосточного федерального округа (город Владивосток) в диапазоне температур от 25 до 150 °С.

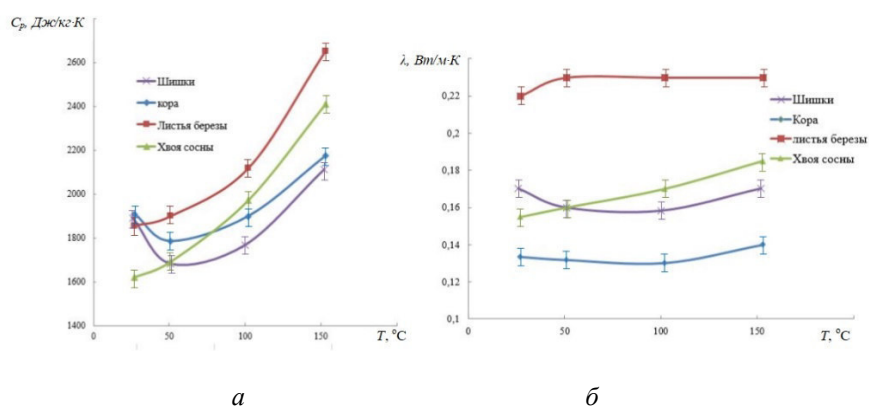


Рис. 1. Зависимость коэффициента удельной теплоемкости (а), теплопроводности (б), образцов хвои сосны, листьев березы, шишек хвойных пород деревьев и коры от температуры

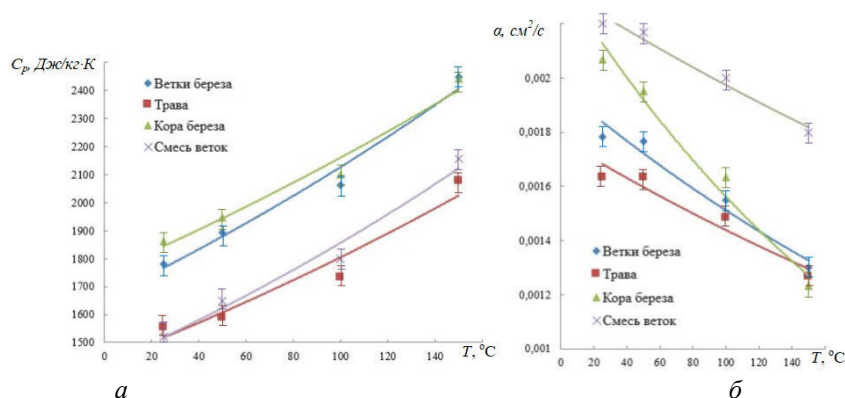


Рис. 2. Зависимость коэффициента удельной теплоемкости (а), температуропроводности (б), коры березы, травы, веток лиственных пород деревьев от температуры

Заметен (рис. 1 – рис.2) существенный рост удельной теплоемкости рассмотренных ЛГМ с ростом температуры. Анализ опубликованной литературы позволил установить удовлетворительную корреляцию полученных значений теплофизических характеристик.

Полученные термокинетические параметры разложения органической массы ЛГМ и образования летучих веществ для всех изученных материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Термокинетические характеристики ЛГМ

Регион	Тип ЛГМ	$E$ , кДж/моль	$k$ , 1/с	$E$ , кДж/моль	$k$ , 1/с	$E$ , кДж/моль	$k$ , 1/с
		Участок 1		Участок 2		Участок 3	
Сибирский ФО	Листья березы	102,36	$2,93 \cdot 10^9$	74,61	$8,55 \cdot 10^5$	49,46	$8,52 \cdot 10^2$
	Хвоя сосны	71,57	$1,81 \cdot 10^6$	80,91	$2,06 \cdot 10^6$	30,62	$2,96 \cdot 10^1$
	Солома	70,63	$8,33 \cdot 10^5$	19,92	$3,08 \cdot 10^0$	-	-
	Ветки	97,24	$3,13 \cdot 10^8$	151,2	$2,04 \cdot 10^{12}$	21,39	$5,44 \cdot 10^0$
	Кора	88,66	$8,86 \cdot 10^7$	115,67	$3,32 \cdot 10^9$	26,73	$1,04 \cdot 10^1$
	Шишки	73,25	$1,20 \cdot 10^6$	136,12	$1,39 \cdot 10^{11}$	29,96	$2,37 \cdot 10^1$
Дальневосточный ФО	Ветки березы	77,27	$4,83 \cdot 10^6$	93,49	$2,95 \cdot 10^7$	13,46	$1,21 \cdot 10^0$
	Кора березы	139,58	$1,86 \cdot 10^{13}$	93,50	$7,27 \cdot 10^7$	14,16	$1,09 \cdot 10^0$
	Смесь веток (60% ветки ели, 40% ветки березы)	70,34	$1,46 \cdot 10^6$	97,82	$9,86 \cdot 10^7$	20,57	$4,28 \cdot 10^0$
	Трава	-	-	61,54	$9,78 \cdot 10^4$	28,45	$1,73 \cdot 10^1$

**Заключение.** Проведенные экспериментальные исследования позволяют установить эффективные значения теплофизических и термокинетических свойств неживого компонента, что поспособствует развитию существующих и созданию новых прогностических моделей разложения и подавления реакции пиролиза в слоях лесного массива.

Исследование выполнено за счет гранта Президента РФ (проект МК-1684.2017.8).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашникова Т.В. Пожары при добыче нефти и газа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 1-1. – С. 66–69.
2. Атлас риска пожаров на территории Российской Федерации – М.: ООО «Издательско-продюсерский центр»
3. Гришин А.М., Зима В.П., Кузнецов В.Т., Скорик А.И. Зажигание лесных горючих материалов потоком лучистой энергии // Физика горения и взрыва. – 2002. – Т. 38, № 1. – С. 30-35.
4. Гришин А.М., Голованов А.Н. О потухании лесных горючих материалов при постоянных и переменных воздействиях потока инертного газа на зону горения // Физика горения и взрыва. – 2001. – Т. 37, № 5. – С. 75-80.
5. Шлегель Н. Е. Измерение теплофизических параметров лесных горючих материалов с помощью системы DLA-1200 ТА / Н. Е. Шлегель ; науч. рук. А. О. Жданова // Интеллектуальные энергосистемы : труды V Международного молодежного форума, 9-13 октября 2017 г., г. Томск : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — Т. 1. — [С. 82-85]