

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ / FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ

Научная статья

Гузалов А.С.^{1,*}, Евграфов А.В.², Куриленко А.В.³

¹ ORCID : 0000-0003-3526-4332;

² ORCID : 0000-0002-2313-2191;

³ ORCID : 0000-0003-3661-1121;

^{1,2,3} Российский аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (aguzalov[at]mail.ru)

Аннотация

В рамках исследования была проведена оценка влияния дизельного топлива на вероятность возникновения торфяных пожаров. Проблемой для аграрных хозяйств является заправка техники во время сезонных работ. Комбайны, трактора работают далеко от топливного накопителя, поэтому оперативно заправиться не получается, даже если топливозаправщики постоянно подвозят топливо, используются канистры, топливные шланги, из-за чего нередко происходят проливы на почву. Пролив дизельного топлива на торфяную почву обогащает ее углеводородами, что влияет на повышения вероятности возникновения ее возгорания. В статье изложены результаты экспериментальных исследований влияния дизельного топлива на эффект самовозгорания образцов торфа с разным физико-химическим составом.

Ключевые слова: дизельное топливо, сельскохозяйственные угодья, торфяная почва, эффект самовозгорания, сельскохозяйственная техника.

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF DIESEL FUEL ON THE PROBABILITY OF PEAT FIRE
OCCURRENCE

Research article

Guzalov A.S.^{1,*}, Yevgrafov A.V.², Kurilenko A.V.³

¹ ORCID : 0000-0003-3526-4332;

² ORCID : 0000-0002-2313-2191;

³ ORCID : 0000-0003-3661-1121;

^{1,2,3} Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (aguzalov[at]mail.ru)

Abstract

The study evaluated the impact of diesel fuel on the probability of peat fires. A problem for agricultural farms is the refuelling of equipment during seasonal work. Combines, tractors work far away from the fuel storage, so it is not possible to refuel quickly, even if fuel trucks constantly bring fuel, canisters and fuel hoses are used, which often causes spills on the soil. Spillage of diesel fuel on peat soil enriches it with hydrocarbons, which affects the increase in the probability of its ignition. The article presents the results of experimental studies of the influence of diesel fuel on the effect of spontaneous combustion of peat samples with different physical and chemical composition.

Keywords: diesel fuel, agricultural land, peat soil, spontaneous combustion effect, agricultural equipment.

Введение

Из осушенных земель наиболее хозяйственно ценными являются торфяные почвы, обладающие высоким потенциалом плодородия, общая площадь которых в России составляет 320 млн. га, из них 130 млн. га имеют слой торфа более 30 см, что делает их пригодными для возделывания сельскохозяйственных культур [1], [2].

Органическое вещество торфа состоит из углерода, водорода, кислорода, серы и азота, поэтому торф обладает высоким плодородием и представляет интерес для целей выращивания сельскохозяйственных культур, тем не менее следует отметить что данный тип почв пожароопасен.

Дизельное топливо является ключевым компонентом при механизированном возделывании и уборке сельскохозяйственных культур. Проблемой для аграрных хозяйств является заправка техники во время сезонных работ. Комбайны, трактора работают далеко от топливного накопителя, поэтому оперативно заправиться не получается, даже если топливозаправщики постоянно подвозят топливо, используются канистры, топливные шланги, из-за чего нередко происходят проливы на почву [3].

Как правило, пожары на торфяниках происходят при значительном понижении уровня грунтовых вод за счёт прекращения капиллярного подпитывания, в условиях выпадения малого количества осадков, и при высоких температурах воздуха. Торф склонен к самовозгоранию. Это явление возможно при температуре воздуха выше +35°C - +40°C [4], [5].

В результате химической и энергетической неоднородности склонность к самовозгоранию одних и тех же материалов неодинакова и характеризуется различными значениями кинетических параметров. Такими свойствами обладает торф. Окислительные процессы экзотермичны, поэтому они ведут к самонагреванию окисляющегося материала. Как только температура самонагревающейся массы превысит температуру окружающей среды, начинается процесс охлаждения. Интенсивность теплоотвода определяется размером и формой скопления самонагревающегося материала, его теплофизическими свойствами, коэффициентом внешнего теплообмена, а также условиями внешней среды.

Дизельное топливо состоит из таких химических элементов как: парафиновых углеводородов (10-40% состава); нафтеновых углеводородов (20-60% состава); ароматических углеводородов (15-30% состава) [6]. Пролит дизельного топлива на торфяную почву обогащает ее углеводородами, что влияет на повышения вероятности возникновения ее возгорания.

Методы и принципы исследования

Для проведения экспериментальных исследований пожароопасности отобранных образцов торфа была применена методика экспериментального определения условий теплового самовозгорания по рекомендациям ВНИИПО [7], [8], согласно которой в контейнер цилиндрической формы, изготовленный из латунной сетки с ячейкой 0,8 мм и размером 30x30 мм, загружается испытуемый материал, внутри контейнера размещаются термопары, фиксирующие температуру поверхности и центра образца, где возникает очаг тления или горения испытуемого материала, информация передается через измеритель регистратор ОВЕН на компьютер, где с помощью программного обеспечения обрабатывается, рисунок 1.

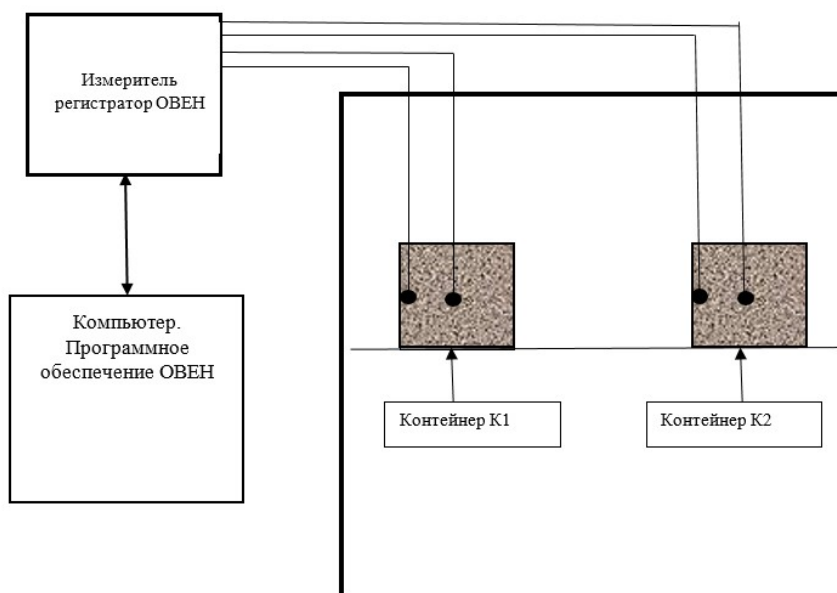


Рисунок 1 - Принципиальная схема экспериментальной установки
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.1>

Использовались следующие оборудование:

- сушильный шкаф СНОЛ-3.5;
- термопары ДТКП-0.5-4;
- измеритель регистратор 8-каналов ОВЕН;
- программное обеспечение ОВЕН;
- весы АСЗЕТ СУ-513 предел взвешивания 510 г;
- контейнер из латунной сетки.

Основные результаты

Образцы торфа были отобраны в Рязанской области, химический состав представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав образцов торфа

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.2>

№	Гигроскопическая влажность, %	Сера подвижная, млн ⁻¹	Массовая доля железа, млн ⁻¹ (валовая форма)	Массовая доля зольности, %	Общий (органический) углерод	Метод степени разложения
	ГОСТ 5180	ГОСТ 26490	М МВИ-80-2008	ГОСТ 27784-88	Метод сухого сжигания	ГОСТ 10650
P1	50,7	22,2	92,7	44,95	55,04	27,8
P2	3,6	9,3	90,7	89,5	10,41	52,5

В образец с маркировкой P1 было добавлено 0,2 г дизельного топлива (рисунок 2 б), а в другой нет (рисунок 2 а). После тарировочного опыта сушильный шкаф выдерживался при заданной температуре в течение двух часов и, если показания термодатчиков оставались неизменными, то, не изменяя регулировок, приступали к проведению испытаний [5]. В сушильный шкаф устанавливался контейнер с подготовленным образцом и установленными термодатчиками.

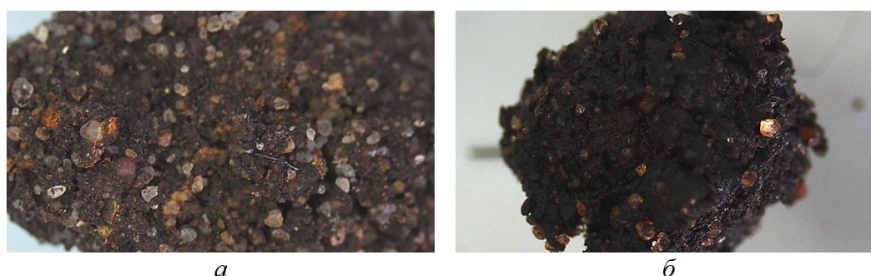


Рисунок 2 - Образец торфа P1 до проведения эксперимента с оптическим увеличением в 400 раз:
а - не обработанный дизельным топливом; б - обработанный дизельным топливом

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.3>

Образец выдерживался до наступления эффекта самовозгорания. Самовозгоранием считалось появление дыма и запаха гари, а также достижения в центре образца температуры тления, что фиксировалось измерителем-регистратором, принципиальная схема представлена на рисунке 1.

В процессе проведения экспериментальных исследований температура в сушильном шкафу задавалась 200°C для определения энергии активации процесса самовозгорания образцов торфяной почвы и определения начала химического процесса саморазогрева образцов торфа в зависимости от его физико-химического состава и времени до возникновения очага тления.

Эксперимент проводился по следующей схеме, в контейнер K1 был загружен образец без дизельного топлива, результаты приведены на рисунке 3, а в контейнере K2 был помещен образец с внесенным топливом, рисунок 5.

На рисунке 3 представлены результаты эксперимента с образцом торфа, с маркировкой P1, объемной плотностью $\rho_1=2,24 \text{ г/см}^3$ без добавления дизельного топлива до возникновения его самовозгорания при температуре окружающей среды 200°C.

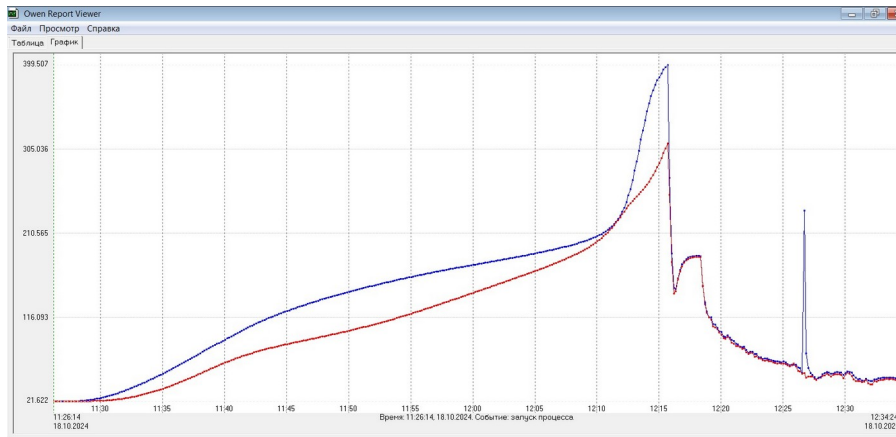


Рисунок 3 - Динамика саморазогрева торфа P1 без добавления дизельного топлива до наступления эффекта самовозгорания

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.4>

Из анализа графика видно, что за счет химической реакции саморазогрева образца, тление возникло в его центре, после чего передалось на поверхность, следует отметить что в процессе эксперимента температура в сушильном шкафу с 11:30 до 12:12 поддерживалась 200°C, т.е. эффект самовозгорания, началом которого считалось равенство температур центра и поверхности образца торфа, возник в течение 42 минут.

Результаты эксперимента с добавлением дизельного топлива, контейнер K2, приведен на рисунке 4, маркировка P1, объемная плотность образца торфа после обработки дизельным топливом составила $\rho_{1, \text{дт}} = 2,44 \text{ г/см}^3$.

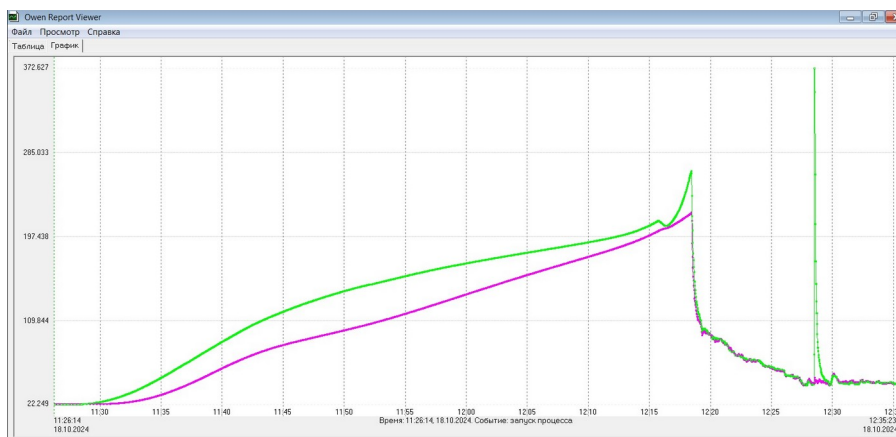


Рисунок 4 - Динамика саморазогрева торфа P1 с добавлением дизельного топлива до наступления эффекта самовозгорания

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.5>

В образце P1 с добавлением дизельного топлива тление возникло через 48 минут, рисунок 4, а в образце без добавления дизельного топлива – через 42 минуты, рисунок 3.

Также был проведен эксперимент с образцом P2, в котором было более низкое содержание углерода, таблица 1. На рисунке 5 представлены фотографии до обработки дизельным топливом и после. Плотность образца P2 без топлива составила $\rho_2 = 2,4 \text{ г/см}^3$, с добавлением $\rho_{2, \text{дт}} = 2,4 \text{ г/см}^3$.

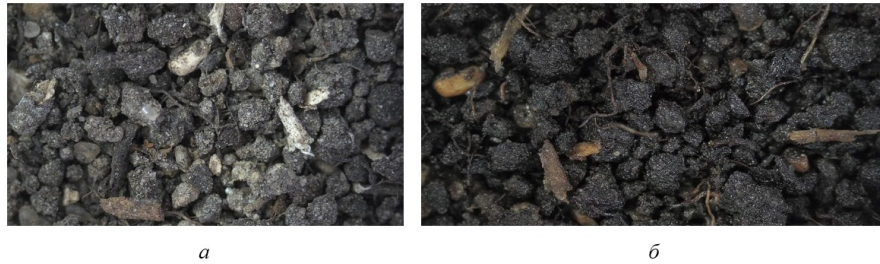


Рисунок 5 - Образец торфа Р2 до проведения эксперимента с оптическим увеличением в 400 раз:
а - не обработанный дизельным топливом; б - обработанный дизельным топливом
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.6>

На рисунке 6 представлены результаты эксперимента без обработки образца Р2 дизельным топливом, из которых видно, что процесс самовозгорания торфа начался через 90 минут, когда температура центра образца устойчиво превысила температуру поверхности.

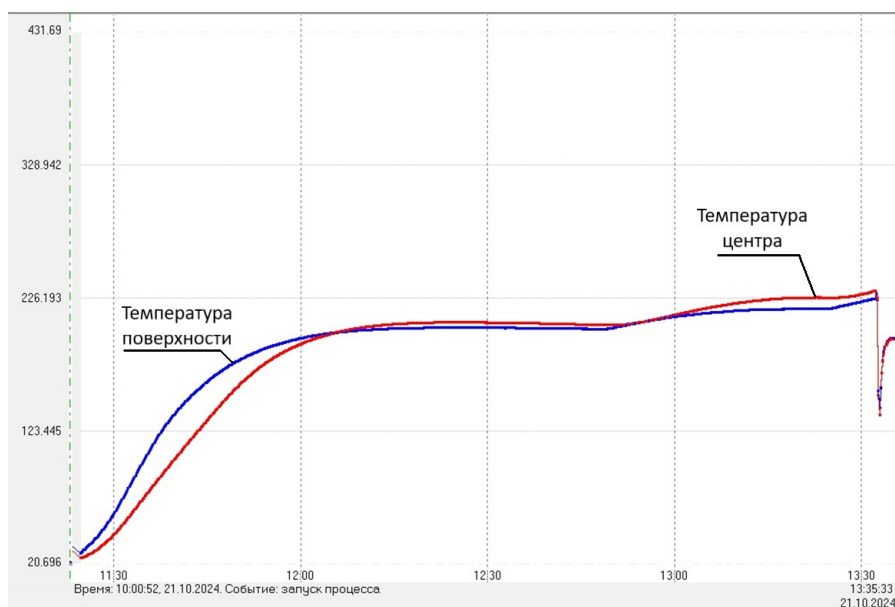


Рисунок 6 - Динамика саморазогрева торфа Р2 без добавления дизельного топлива до наступления эффекта самовозгорания
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.7>

При Р2 проведении эксперимента с образцом обработанным дизельным топливом температура центра торфяного образца превысила значения поверхности через 50 минут после начала испытаний, рисунок 7.

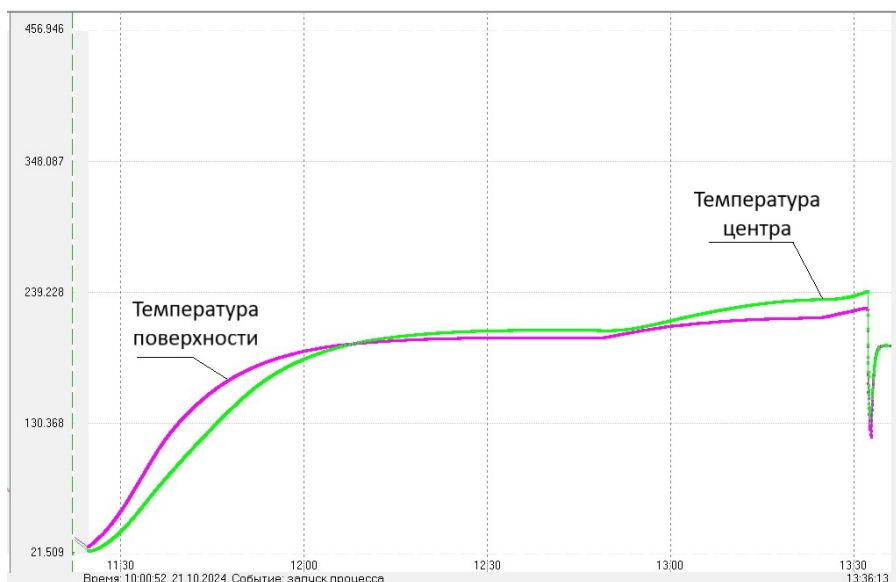


Рисунок 7 - Динамика саморазогрева торфа P2 с добавлением дизельного топлива до наступления эффекта самовозгорания

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.8>

Обсуждение

Из полученных результатов эксперимента видно, что попадание дизельного топлива в торф с высоким содержанием углерода, образец P1, не приводит к более раннему возникновению эффекта самовозгорания, и не влияет на повышения его пожароопасности.

При проливе топлива на торфяную почву с низким содержанием углерода, образец P2, происходит обогащение данным элементом, что увеличивает возникновение процесса самовозгорания на 55%.

Следует отметить, что эксперимент был прекращен при появлении дыма и очага тления, рисунок 8.



Рисунок 8 - Образец торфа P2 обработанный дизельным топливом извлеченный из экспериментальной установки

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.8.9>

Заключение

На торфяных почвах с высоким содержание углерода и высокой степенью разложения пролив дизельного топлива практически не влияет на повышение их пожароопасности.

При низком содержании углерода и высокой степени разложения пролив топлива приводит к повышению риска возникновения торфяного пожара на 55% вследствие насыщения данным элементом, который повышает пожароопасность торфяных почв.

Финансирование

Исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда № 24-16-00081 (URL: <https://rscf.ru/project/24-16-00081/>).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-16-00081 (URL: <https://rscf.ru/project/24-16-00081/>).

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Дидманидзе О.Н. Результаты исследований температурного режима осушаемой торфяной почвы / О.Н. Дидманидзе, Е.П. Парлюк, А.В. Евграфов // *Агроинженерия*. — 2023. — Т. 25. — № 1. — С. 45–49.
2. Kasichke E.S. Emissions of carbon dioxide, carbon monoxide, and methane from boreal forest fire in 1998 / E.S. Kasichke, L.P. Bruhwiler // *J. Geophys. Res.* — 2023. — № 108 (D1). — P. 8146.
3. Пуляев Н.Н. Научные основы организации автозаправочных процессов сельскохозяйственной техники в полевых условиях / Н.Н. Пуляев, В.Л. Пильщиков, Ю.С. Коротких. — Москва: Автограф, 2020. — 165 с.
4. Дидманидзе О.Н. Влияние плотности торфяных почв на возникновение ландшафтных пожаров / О.Н. Дидманидзе, А.В. Евграфов // *Природообустройство*. — 2022. — № 4. — С. 37–41.
5. Sulaeman D. Effects of peat fires on soil chemical and physical properties: a case study in South Sumatra / D. Sulaeman, E.N. Sari, T. Westhoff // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — 2021. — № 648. — P. 012146. — DOI: 10.1088/1755-1315/648/1/012146.
6. Богданов В.С. Технологии и средства обеспечения качества топливно-смазочных материалов в АПК / В.С. Богданов, Н.Н. Пуляев, Ю.С. Коротких. — Москва : Триада, 2016. — 116 с.
7. ГОСТ 5180- 2015 ГРУНТЫ Методы лабораторного определения физических характеристик. — Москва: Стандартинформ, 2016.
8. ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. — Москва, 1986.
9. McMichael C.N.H. On the scaling and standardization of charcoal data in paleofire reconstructions / C.N.H. McMichael, B.M. Heijink, M.B. Bush [et al.] // *Front Biogeogr.* — 2021. — DOI: 10.21425/F5FBG49431.
10. Vanniere B. 7000-year human legacy of elevation-dependent European fire regimes / B. Vanniere, O. Blarquez, D. Rius [et al.] // *Quat. Sci. Rev.* — 2016. — № 132. — P. 206e212. — DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.11.012.
11. Sim T.G. Regional variability in peatland burning at mid-to high-latitudes during the Holocene / T.G. Sim, G.T. Swindles, P.J. Morris [et al.] // *Quaternary Science Reviews*. — 2023. — Vol. 305. — 108020. — DOI: 10.1016/j.quascirev.2023.108020.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Didmanidze O.N. Rezul'taty issledovaniy temperaturnogo rezhima osushaemoj torfjanoy pochvy [Results of research of temperature regime of drained peat soil] / O.N. Didmanidze, E.P. Parljuk, A.V. Evgrafov // *Agroinzhenerija [Agroengineering]*. — 2023. — Vol. 25. — № 1. — P. 45–49. [in Russian]
2. Kasichke E.S. Emissions of carbon dioxide, carbon monoxide, and methane from boreal forest fire in 1998 / E.S. Kasichke, L.P. Bruhwiler // *J. Geophys. Res.* — 2023. — № 108 (D1). — P. 8146.
3. Puljaev N.N. Nauchnye osnovy organizacii avtozapravochnyh processov sel'skohozjajstvennoj tehniky v polevyh uslovijah [Scientific bases of organisation of refuelling processes of agricultural machinery in field conditions] / N.N. Puljaev, V.L. Pil'shhikov, Ju.S. Korotkih. — Moscow: Avtograf, 2020. — 165 p. [in Russian]
4. Didmanidze O.N. Vlijanie plotnosti torfjanyh pochv na vozniknovenie landshaftnyh pozharov [Influence of peat soil density on the occurrence of landscape fires] / O.N. Didmanidze, A.V. Evgrafov // *Prirodoobustrojstvo [Nature Management]*. — 2022. — № 4. — P. 37–41. [in Russian]
5. Sulaeman D. Effects of peat fires on soil chemical and physical properties: a case study in South Sumatra / D. Sulaeman, E.N. Sari, T. Westhoff // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — 2021. — № 648. — P. 012146. — DOI: 10.1088/1755-1315/648/1/012146.
6. Bogdanov V.S. Tehnologii i sredstva obespechenija kachestva toplivno-smazochnyh materialov v APK [Technologies and means of ensuring the quality of fuel and lubricants in the AIC] / V.S. Bogdanov, N.N. Puljaev, Ju.S. Korotkih. — Moscow : Triada, 2016. — 116 p. [in Russian]
7. GOST 5180- 2015 GRUNTY Metody laboratornogo opredelenija fizicheskikh harakteristik [GOST 5180- 2015 GROUND Methods of laboratory determination of physical characteristics]. — Moscow: Standartinform, 2016. [in Russian]
8. GOST 26490-85 Pochvy. Opredelenie podvizhnoj sery po metodu CINA0 [GOST 26490-85 Soils. Determination of mobile sulphur by CINA0 method]. — Moscow, 1986. [in Russian]

9. McMichael C.N.H. On the scaling and standardization of charcoal data in paleofire reconstructions / C.N.H. McMichael, B.M. Heijink, M.B. Bush [et al.] // *Front Biogeogr.* — 2021. — DOI: 10.21425/F5FBG49431.
10. Vanniere B. 7000-year human legacy of elevation-dependent European fire regimes / B. Vanniere, O. Blarquez, D. Rius [et al.] // *Quat. Sci. Rev.* — 2016. — № 132. — P. 206e212. — DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.11.012.
11. Sim T.G. Regional variability in peatland burning at mid-to high-latitudes during the Holocene / T.G. Sim, G.T. Swindles, P.J. Morris [et al.] // *Quaternary Science Reviews.* — 2023. — Vol. 305. — 108020. — DOI: 10.1016/j.quascirev.2023.108020.