

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-22-27>

УДК 631.6:624.131.276:614.849



ВЛИЯНИЕ ПРОЛИВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

О.Н. Дидманидзе, А.В. Евграфов[✉], А.С. Гузалов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49. Россия

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по способности к самовозгоранию торфяных почв на примере Рязанской области при проливе дизельного топлива в условиях проведения полевых работ. Заправка дизельным топливом сельскохозяйственной техники в полевых условиях полностью исключает использование АЗС в связи невозможностью ее перегона, что занимает значительное время, и как следствие – приносит большие временные и экономические затраты. Поэтому данная операция производится на месте проведения сельскохозяйственных работ. Для организации полевого заправочного пункта сельскохозяйственной техники необходимо оборудовать площадку для размещения и хранения дизельного топлива с соблюдением пожарной безопасности и защиты окружающей среды. В состав дизельного топлива входят углеводороды с числом углеродных атомов 15, температура кипения которых составляет 190-350°C. В процессе заправки сельскохозяйственной техники в полевых условиях дизельным топливом происходят его проливы в результате переполнения резервуаров для хранения, баков тракторов, автомобилей и комбайнов, утечки в соединениях топливопроводов, кранов и их повреждения. Это повышает вероятность возникновения пожара, особенно на торфяных почвах, которые имеют склонность к самовозгоранию и самовоспламенению.

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

Ключевые слова: торфяная почва, объемная плотность, степень разложения, зольность, пожары, земли сельскохозяйственного назначения, дизельное топливо

Формат цитирования: Дидманидзе О.Н., Евграфов А.В., Гузалов А.С. Влияние пролива дизельного топлива на изменение пожарной опасности торфяных почв при производстве сельскохозяйственных работ // Природообустройство. 2025. № 4. С. 22-27. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-22-27>

Original article

INFLUENCE OF DIESEL FUEL SPILLAGE ON CHANGES IN FIRE HAZARD OF PEAT SOILS DURING AGRICULTURAL WORKS

O.N. Didmanidze, A.V. Evgrafov[✉], A.C. Guzalov

Russian Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; Institute of Mechanics and Energy named after V.P. Goryachkin; 127434, Moscow, st. Timiryazevskaya. 49. Russia

Abstract. The article presents the results of experimental studies on the spontaneous combustion ability of peat soils, using the example of the Ryazan region during a diesel fuel spill during field work. Refueling agricultural machinery with diesel fuel in the field completely eliminates the use of gas stations, due to the impossibility of its transfer, which takes a significant amount of time, and as a result, large time and economic costs, so this operation is carried out at the site of agricultural work. To organize a field refueling point for agricultural machinery, it is necessary to equip a site for the placement and storage of diesel fuel in compliance with fire safety and environmental protection. Diesel fuel contains hydrocarbons with a carbon number of 15 – the boiling point of which is 190-350°C. During the process of refueling agricultural machinery in the field with diesel fuel, spills occur as a result of overfilling storage tanks, tractor, car and combine tanks, leaks in fuel line connections, taps and their damage, which increases the likelihood of fire, especially on peat soils, which have a tendency to spontaneous combustion and self-ignition.

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-16-00081 (URL: <https://rscf.ru/project/24-16-00081/>).

Keywords: peat soil, bulk density, degree of decomposition, ash content, fires, agricultural land, diesel fuel

Format of citation: Didmanidze O.N., Evgrafov A.V., Guzalov A.C. Influence of diesel fuel spillage on changes in fire hazard of peat soils during agricultural works // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 4. P. 22-27. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-22-27>

Введение. В полевых условиях работы сельскохозяйственной техники выполняют следующие виды технического обслуживания: заправка топливом и техническими жидкостями; мойка и чистка; технический осмотр и ремонт. Как правило, в период посевных и уборочных работ рабочий день может длиться более 10 ч, что обуславливает интенсивность использования машин и агрегатов, задействованных в производственном процессе.

Заправка эксплуатационными материалами в полевых условиях представляет особую сложность. Здесь полностью исключено использование для заправки топливом АЗС нефтяных компаний, поэтому на месте производства работ оборудуются места заправки техники, на которых используют следующие варианты заправочных пунктов:

– модульная автозаправочная станция, которая предназначена для заправки топливом и имеет надземное расположение емкостей для хранения жидкого топлива;

– передвижная автозаправочная станция, технологическая система которой размещается на автомобильном шасси или прицепе и полуприцепе [1].

Проливы топлива могут составлять до 2000 кг за сезон производства полевых работ [2]. По данным литературы, пролив топлива составляет 116,7 г. на 1 т [3, 4]. В химический состав дизельного топлива входят 3 подгруппы углеводородных соединений – таких, как алканы (10-40%), нафтены (20-60%), ароматические углеводороды (15-30%).

Таким образом, насыщение торфяной почвы указанными углеводородами создает предпосылку к возникновению очагов тления или

горения в верхнем пожароопасном слое торфа, что особенно актуально при высоких температурах воздуха, малом количестве осадков и низком расположении грунтовых вод. Также дизельное топливо способствует понижению энергии активации торфа, что повышает возможность возникновения на торфяной почве пожара ввиду эффекта вынужденного зажигания, поскольку в данном случае торф, пропитанный дизельным топливом, обладает низкой энергией активации [5].

Цель исследований: экспериментальное изучение способности к самовозгоранию торфяных почв при проливе дизельного топлива в условиях проведения полевых работ на примере Рязанской области.

Материалы и методы исследований. Для проведения экспериментальных исследований применялся торф, отобранный в Рязанской области на осушенном торфяном массиве Кальское, используемом в сельскохозяйственном обороте для выращивания многолетних трав. Образцы торфяной почвы отбирались в трех локациях торфяной залежи. Точечные (единичные) пробы отбирали буром. Из точечных (единичных) проб, отобранных с элементарного участка, составляли объединенную пробу. Каждую объединенную пробу составляли из 20 точечных проб. Масса объединенной пробы составляла не менее 1000 г.

Характеристики торфа приведены в таблице. Из анализа следует, что он обладает высокой степенью разложения (52,5), высокой зольностью (89,6%) и низким содержанием углерода (10,4). Это характеризует его как непожароопасную, обладающую высокой энергией активации, то есть требующую высоких температур для возникновения очагов тления [6, 7].

Таблица. Химический состав образцов торфа

Table. Chemical composition of peat samples

Гигроскопическая влажность, % <i>Hygroscopic moisture, %</i>	Сера подвижная, млн-1 <i>Mobile sulfur, mln-1</i>	Массовая доля железа, млн-1 <i>Iron mass share, mln-1</i>	Массовая доля зольности, % <i>Mass share of ash content, %</i>	Общий (органический) углерод <i>Total (organic) carbon</i>	Метод степени разложения <i>Decomposition degree method</i>	Гигроскопическая влажность, % <i>Hygroscopic moisture, %</i>
ГОСТ 5180 <i>GOST 5180</i>	ГОСТ 26490 <i>GOST 26490</i>	М МВИ-80-2008 <i>M MVI-80-2008</i>	ГОСТ 27784-88 <i>GOST 27784-88</i>	Метод сухого сжигания <i>Dry burning method</i>	ГОСТ 10650 <i>GOST 10650</i>	ГОСТ 5180 <i>GOST 5180</i>
3,6	9,3	91	89,6	10,4	52,5	3,6

Для проведения эксперимента использовались образцы торфа – как обработанные дизельным топливом, так и необработанные. Обработка производилась следующим образом: предварительно высушенная до абсолютно сухого состояния торфяная почва загружалась в контейнер К-30 цилиндрической формы, изготовленный из латунной сетки диаметром и высотой 30 мм [8] (рис. 1).

Далее контейнер с торфом помещался в емкость с дизельным топливом и выдерживался до его полного насыщения топливом, после чего выдерживался при температуре 35°C в сушильном шкафу СНОЛ-3.5. При этом каждые сутки он взвешивался на весах марки АСЗЕТ СУ-513 с точностью 0,001 г. Образец считался готовым для проведения испытаний, когда прекращалась потеря его массы. Далее 2 контейнера с торфом К-30Д, обработанным дизельным топливом, и необработанным К-30С помещались в лабораторную установку, схема которой представлена на рисунке 2.



Рис. 1. Контейнер К-30 с торфяной почвой
Fig. 1. Container K-30 with peat soil



Пятна топлива на предметном стекле

Рис. 3. Образец торфяной почвы, обработанной дизельным топливом, под предметным стеклом

Fig. 3. Sample of peat soil treated with diesel fuel under a slide

Результаты и их обсуждение. В ходе эксперимента были изучены образцы торфа перед загрузкой в контейнеры. На рисунках 3, 4 представлены снимки торфяной почвы под предметным стеклом с содержанием дизельного топлива и без него, с увеличением 400 крат. Из их сравнения следует, что в обработанном образце после высушивания присутствует значительное количество неиспарившейся тяжелой фракции дизельного топлива.

Далее образцы торфа загружались в экспериментальную установку (рис. 2), где создавался

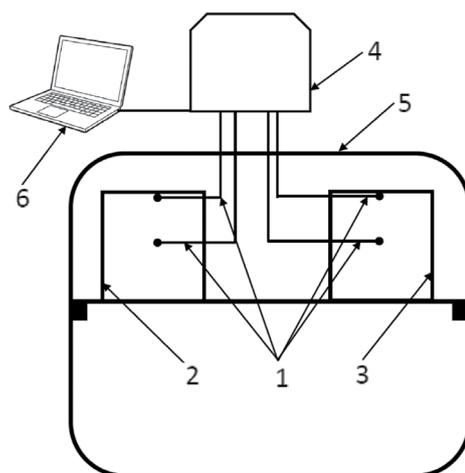


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:

- 1 – термопары ДТКП-0.5-4;
- 2 – контейнер К-30Д; 3 – контейнер К-30С;
- 4 – измеритель, регистратор 4 канала ОВЕН;
- 5 – сушильный шкаф СНОЛ-3,5;
- 6 – персональный компьютер с программным обеспечением ОВЕН

Fig. 2. Scheme of the experimental installation where:
1 – thermocouples DTKP-0.5-4; 2 – container K-30D;
3 – container K-30S; 4 – meter recorder 4-channel OVEN;
5 – drying cabinet SNOL – 3.5;
6 – personal computer with software OVEN



Рис. 4. Образец торфяной почвы, не обработанной дизельным топливом, под предметным стеклом

Fig. 4. Peat soil sample untreated with diesel fuel under a slide



Поверхностно активные центры возникновения тления

Рис. 5. Поверхностно активные центры возникновения тления на поверхности образца торфа, обработанного дизельным топливом, в контейнере К-30Д

Fig. 5. Surface active centers of smoldering occurrence on the surface of the peat sample treated with diesel fuel in the K-30D container

температурный режим. Из анализа полученных данных следует, что самовоспламенение образца торфа в контейнере К-30Д произошло на 64 минуте испытаний при температуре 131°C на его поверхности. Это сопровождалось активным задымлением [9] с образованием очагов тления на его поверхности, а не в центре, что прослеживается на рисунке 5. Следует отметить, что температура теплофизического центра была ниже, чем температура поверхности (рис. 6).

Образец, обработанный дизельным топливом, не самовоспламенился, его температура поверхности и центра была ниже, чем в образце, обработанном дизельным топливом. На рисунке 7 представлена также динамика разогрева поверхности торфяной почвы с обработкой дизельным топливом и необработанной почвы. Из данных рисунка следует, что необработанные образцы имели более низкую температуру поверхности.

Следует отметить, что если температура превышает значения, при которых возникает самовозгорание [10, 11], данный процесс отмечается более длительным накоплением энергии

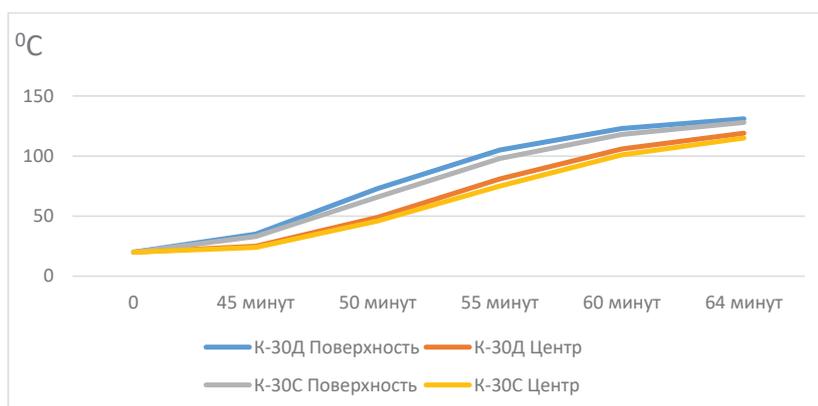


Рис. 6. Динамика самовоспламенения торфа, обработанного дизельным топливом (К-30Д), по сравнению с необработанным образцом (К-30С) при одинаковой объемной плотности 1,1 г/см³

Fig. 6. Self-ignition dynamics of peat treated with diesel fuel, K-30D, compared to the untreated sample, K-30C, at the same bulk density of 1.1 g/cm³

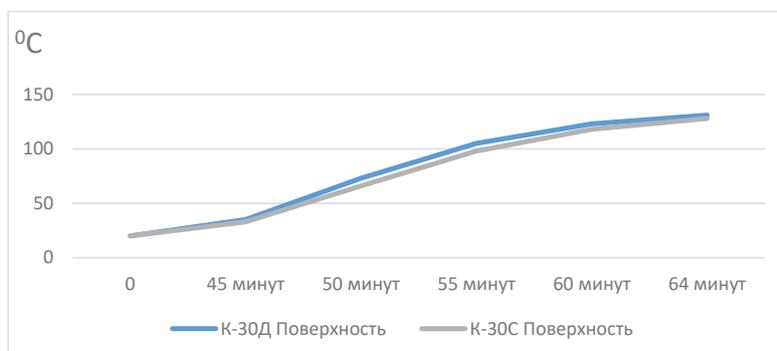


Рис. 7. Динамика разогрева поверхностей образцов К-30Д и К-30С до самовоспламенения торфяной почвы, обработанной дизельным топливом, при объемной плотности 1,1 г/см³

Fig. 7. Dynamics of heating of the surfaces of samples K-30D and K-30S before self-ignition of peat soil treated with diesel fuel at a bulk density of 1.1 g/cm³

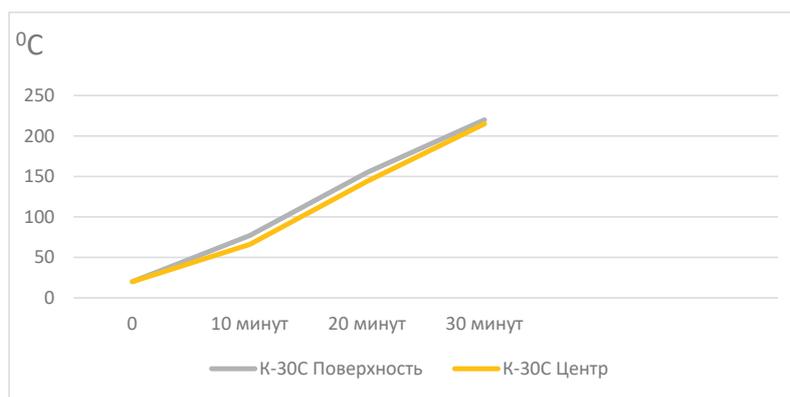


Рис. 8. Динамика процесса вынужденного зажигания образца торфа в контейнере К-30С, не обработанного дизельным топливом, при объемной плотности 1,1 г/см³

Fig. 8. Dynamics of the forced ignition process of a peat sample in a K-30C container not treated with diesel fuel at a bulk density of 1.1 g/cm³

в центре нагреваемого материала, то он вынужденно возникает на поверхности.

В процессе эксперимента в лабораторной установке были также созданы условия, при которых произошло самовоспламенение образца торфа в контейнере К-30С (рис. 8).

Таким образом, из результатов проведенного эксперимента следует, что обработанный дизельным топливом торф имеет энергию активации значительно ниже, чем необработанный торф, и, соответственно, более низкую температуру самовоспламенения.

Выводы

1. При проведении сельскохозяйственных работ в полевых условиях заправка техники топливом производится непосредственно на местах и зачастую в ночное время топливозаправщиками

или с помощью специальных емкостей, поэтому его проливы неизбежны.

2. Дизельное топливо при проливе на торфяную почву сохраняется в ней в течение достаточно длительного времени, полностью из нее не испаряется и не стекает, поскольку торф обладает высокой сорбционной способностью.

3. Солярка значительно снижает энергию активации торфа и температуру его самовоспламенения. Обработанный образец самовоспламенился при температуре 131°C, необработанный – при температуре 220°C, что говорит о повышении его пожароопасности.

4. Места пролива топлива в незамедлительном порядке подлежат рекультивации, поскольку вероятность возникновения торфяного пожара на данных участках значительно возрастает.

Список использованных источников

1. Нормы пожарной безопасности НПБ 111-98* «Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности» (введены в действие приказом ГУГПС МВД РФ от 23 марта 1998 г. №25) (с изм. и доп. от 2 февраля 1999 г., 8 ноября 2000 г., 20 июля 2001 г., 23 мая 2002 г.)

2. Пуляев Н.Н. Повышение эффективности использования топливозаправочных средств в составе уборочно-транспортных комплексов: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пуляев Николай Николаевич. – Москва, 2005. 19 с.

3. Хрестенко Р.В. Определение параметров загрязнения атмосферы городской среды от проливов бензина и технических жидкостей автотранспорта и совершенствование методов его снижения: специальность 21.10.00: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Хрестенко Руслан Владимирович, Волгоград: 2022. 164 с.

4. Рыбаков К.В. Автозаправочные процессы и системы в полевых условиях: учебник / К.В. Рыбаков, О.Н. Дидманидзе, Т.П. Карпекина, Н.Н. Пуляев // М.: УМЦ «ТРИАДА», 2004. 292 с. ISBN 5-9546-0018-X

References

1. Fire safety standards NPБ111-98* "Gas stations. Fire safety requirements" (put into effect by order of the Main Directorate of the State Fire Service of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation dated March 23, 1998 №25) (as amended and supplemented on February 2, 1999, November 8, 2000, July 20, 2001, May 23, 2002)

2. Pulyaev N.N. Increasing the efficiency of using fuel-filling equipment as part of harvesting and transport complexes: specialty 05.20.03 "Technologies and means of technical maintenance in agriculture": abstract of a dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Pulyaev Nikolay Nikolaevich. – Moscow, 2005. 19 p. EDN: NIOALD

3. Khrestenko R.V. Determination of the parameters of urban atmospheric pollution from spills of gasoline and technical fluids of motor vehicles and improvement of methods for its reduction: specialty 21.10.00: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Khrestenko Ruslan Vladimirovich, Volgograd: 2022. 164 p. EDN: ZPEWWT

4. Rybakov K.V. Refueling processes and systems in the field: textbook. / K.V. Rybakov, O.N. Didmanidze, T.P. Karpekina, N.N. Pulyaev // M.: UMC "TRIADA", 2004. 292 p.: ill. ISBN 5-9546-0018-X

5. Дидманидзе О.Н. Результаты исследований пожароопасности торфа в зависимости от степени его разложения на землях сельскохозяйственного назначения / О.Н. Дидманидзе, А.В. Евграфов, Н.Н. Пуляев, А.С. Гузалов // Природообустройство. 2024. № 4. С. 26-33. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-4-26-33. EDN: VPAVME

6. Experimental Studies on Peat Soils' Fire Hazard Based on Their Physical and Chemical Properties: The Vasilievsky Mokh Deposit Beneath the Tver Region Agricultural Lands / O.N. Didmanidze, A.V. Evgrafov, A.S. Guzalov [et al.] // Fire. 2025. Vol. 8, No. 2. P. 68. DOI: 10.3390/fire8020068. EDN: MIEKNB

7. Evgrafov A. Experimental studies of temperature-dynamic properties of peat soils in agricultural lands / A. Evgrafov, A. Guzalov, D. Moskvichev // E3S Web of Conferences: XI International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Termez, Uzbekistan, 31 октября – 022024 года. – Termez, Uzbekistan: EDP Sciences, 2025. P. 5003. DOI: 10.1051/e3sconf/202561305003. EDN: KQAYOQ

8. Киселев Я.С., Хорошилов О.А., Демехин Ф.В. Физические модели горения в системе пожарной безопасности: монография / Я.С. Киселев О.А. Хорошилов, Ф.В. Демехин / МЧС России; Санкт-Петербургский государственный университет противопожарной службы. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. 347 с. EDN: QNNYOT

9. Muraleedharan T. & Radojevic, Miroslav & Waugh, Allan & Caruana, Anthony. (2000). Emissions from the combustion of peat: An experimental study. Atmospheric Environment – ATMOS ENVIRON. 34. 3033-3035. 10.1016/S1352-2310(99)00512-9.

10. Дидманидзе О.Н. Экспериментальные исследования возникновения очагов самовозгорания на торфяных почвах Тверской области / О.Н. Дидманидзе, А.В. Евграфов, А.С. Гузалов // Природообустройство. 2024. № 5. С. 37-42. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-5-37-42. EDN: BKTIXU

11. Hu, Yuqi & Christensen, Eirik & Restuccia, Francesco & Rein, Guillermo. (2018). Transient gas and particle emissions from smouldering combustion of peat. Proceedings of the Combustion Institute. 37. 10.1016/j.proci.2018.06.008.

5. Didmanidze O.N. Results of studies of peat fire hazard depending on the degree of its decomposition on agricultural lands / O.N. Didmanidze, A.V. Evgrafov, N.N. Pulyaev, A.S. Guzalov // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 4. P. 26-33. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-4-26-33. EDN: VPAVME

6. Experimental Studies on Peat Soils' Fire Hazard Based on Their Physical and Chemical Properties: The Vasilievsky Mokh Deposit Beneath the Tver Region Agricultural Lands / O.N. Didmanidze, A.V. Evgrafov, A.S. Guzalov [et al.] // Fire. 2025. Vol. 8, No. 2. P. 68. DOI: 10.3390/fire8020068. EDN: MIEKNB

7. Evgrafov A. Experimental studies of temperature-dynamic properties of peat soils in agricultural lands / A. Evgrafov, A. Guzalov, D. Moskvichev // E3S Web of Conferences: XI International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Termez, Uzbekistan, 31 октября – 022024 года. – Termez, Uzbekistan: EDP Sciences, 2025. P. 5003. DOI: 10.1051/e3sconf/202561305003. EDN: KQAYOQ

8. Kiselev Ya.S., Khoroshilov O.A., Demekhin F.V. Physical models of combustion in the fire safety system: monograph / Ya.S. Kiselev O.A. Khoroshilov, F.V. Demekhin/ EMERCOM of Russia; St. Petersburg State University of Fire Service. SPb.: Publishing house of the Polytechnic University, 2009. 347 p. EDN: QNNYOT

9. Muraleedharan T. & Radojevic, Miroslav & Waugh, Allan & Caruana, Anthony. (2000). Emissions from the combustion of peat: An experimental study. Atmospheric Environment – ATMOS ENVIRON. 34. 3033-3035. 10.1016/S1352-2310(99)00512-9.

10. Didmanidze O.N. Experimental studies of the occurrence of spontaneous combustion foci on peat soils of the Tver region / O.N. Didmanidze, A.V. Evgrafov, A.S. Guzalov // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 5. P. 37-42. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-5-37-42. EDN: BKTIXU

11. Hu, Yuqi & Christensen, Eirik & Restuccia, Francesco & Rein, Guillermo. (2018). Transient gas and particle emissions from smouldering combustion of peat. Proceedings of the Combustion Institute. 37. 10.1016/j.proci.2018.06.008.

Об авторах

Отари Назирович Дидманидзе, академик РАН, д-р. техн. наук, профессор; ORSID 0000-0003-2558-0585; AuthorID: 311972; didmanidze@rgau-msha.ru

Алексей Владимирович Евграфов, д-р. техн. наук, доцент; ORSID 0000-0002-2313-2191, AuthorID: 828739; labpoliv@list.ru

Артембек Сергеевич Гузалов, к.т.н.; ORSID 0000-0003-3526-4332, AuthorID: 1036988; aguzalov@mail.ru

Information about the authors

Otari N. Didmanidze, Academician of the Russian Academy of Sciences, DSs (Tech), Professor; ORSID 0000-0003-2558-0585; AuthorID: 311972; didmanidze@rgau-msha.ru

Alexey V. Evgrafov, DSs (Tech), associate professor; ORSID 0000-0002-2313-2191, AuthorID: 828739; labpoliv@list.ru

Artembek S. Guzalov, CSs (Tech), associate professor; ORSID 0000-0003-3526-4332, AuthorID: 1036988; aguzalov@mail.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Дидманидзе О.Н., Евграфов А.В., Гузалов А.С. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

Вклад авторов / Contribution of authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 12.05.2025

Поступила после рецензирования / Received after peer review 17.08.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 17.08.2025

Didmanidze O.N., Evgrafov A.V., Guzalov A.C. performed practical and theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have copyright on the article and are responsible for plagiarism.