

Оригинальная статья

УДК 502/504:631.4:630\*43

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-37-41

## ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

**ДИДМАНИДЗЕ ОТАРИ НАЗИРОВИЧ**<sup>1</sup>, академик РАН, д-р техн. наук, профессор  
didmanidze@rgau-msha.ru

**ЕВГРАФОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**<sup>2</sup>✉, канд. техн. наук, доцент  
labpoliv@list.ru

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44, корпус 2, Россия

*Цель экспериментальных исследований – определение склонности к самовозгоранию и вынужденному зажиганию от нагретых тел образцов торфа при различной их плотности. Рассмотрены проблемы возникновения природных пожаров на рекультивированных выработанных торфяниках, введенных в сельскохозяйственный оборот при черной культуре земледелия, получившей широкое распространение в России. Выявлены причины и предложены способы решения данной проблемы на основе проведенных экспериментальных исследований. Установлено, что на возможность возникновения процессов самовозгорания и вынужденного зажигания торфяных почв основное влияние оказывает плотность верхнего торфяного слоя за счет влияния на теплофизические свойства – такие, как коэффициент теплопроводности, коэффициент температуропроводности, коэффициент объемной теплоемкости. В качестве мероприятий по изменению теплофизических свойств поверхности выработанных торфяников предложены специальные обработки с использованием предотвращения пирогенного уничтожения сельскохозяйственных угодий.*

**Ключевые слова:** торфяные пожары, черная культура земледелия, плотность торфа, выработанные торфяники, рекультивация, комплекс машин, технологические операции, теплофизические свойства, сельскохозяйственные угодья

**Формат цитирования:** Дидманидзе О.Н., Евграфов А.В. Влияние плотности торфяных почв на возникновение ландшафтных пожаров // Природообустройство. – 2022. – № 4. – С. 37-41.  
DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-37-41.

© Дидманидзе О.Н., Евграфов А.В., 2022

Original article

## INFLUENCE OF PEAT SOIL DENSITY ON LANDSCAPE FIRE HAZARDS

**DIDMANIDZE OTARI NAZIROVICH**<sup>1</sup>, academician of the Russian academy of sciences,  
doctor of technical sciences, professor  
didmanidze@rgau-msha.ru

**EVGRAFOV ALEXEY VLADIMIROVICH**<sup>2</sup>✉, candidate of technical sciences, associate professor  
labpoliv@list.ru

<sup>1</sup> Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, Timiryazevskaya, 49, Russia

<sup>2</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation names after A.N. Kostyakov; 127434, Moscow, st. Bolshaya Akademicheskaya, 44, building 2. Russia

*The purpose of experimental studies is to determine the propensity to spontaneous combustion and forced ignition from heated bodies of peat samples at different densities. This article discusses the problems of the occurrence of natural fires on reclaimed developed peatlands introduced into agricultural circulation under the black culture of agriculture, which has become widespread in Russia, the causes are identified and ways to solve this problem are proposed based on experimental studies. It has been established that the possibility of the occurrence of processes of spontaneous combustion and forced ignition of peat soils is mainly influenced by the density of the upper peat layer, due to the influence on thermophysical properties, such as thermal conductivity coefficient, thermal diffusivity coefficient, volumetric heat capacity*

*coefficient. As measures to change the thermophysical properties of the surface of worked-out peatlands, special treatments are proposed using the prevention of pyrogenic destruction of agricultural land.*

**Keywords:** peat fires, black culture of agriculture, peat density, worked out peatlands, reclamation, complex of machines, technological operations, thermophysical properties

**Format of citation:** Didmanidze O.N., Evgrafov A.V. Influence of peat soil density on landscape fire hazards // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 4. – S. 37-41. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-37-41.

**Введение.** Сегодня запасы торфа в Российской Федерации (как разведанные, так и прогнозные) являются самыми большими в мире и составляют 31,4%.

Особая опасность торфяных пожаров связана с тем, что они могут действовать месяцами. При этом выделяется значительно большее количество дыма (на единицу площади), чем при травяных и лесных пожарах, а для тушения торфяных пожаров требуются значительные материальные и человеческие ресурсы. Наиболее пожароопасными являются выработанные нерекультивированные торфяники.

Проблема рекультивации выработанных торфяников особенно актуальна в Центральной части Европейской территории РФ, где сосредоточено более 70% таких торфяников.

**Материалы и методы исследований.** В Нечерноземье осушаемые низинные торфяные почвы обладают высоким плодородием. Они располагаются преимущественно в Полесских ландшафтах, минеральные песчаные почвы в которых отличаются весьма невысокой продуктивностью. Это, в частности, определяет необходимость надежной защиты торфяных почв региона от тотального пирогенного уничтожения.

Поскольку при завершении торфоразработок, согласно руководящим документам (ВНТП 19-86 и др.), необходимо оставить слой торфа для их последующего вовлечения в сельскохозяйственный оборот, данные земли относятся к сельскохозяйственным.

На выработанных торфяниках присутствует мелиоративная осушительная система, поэтому их вовлечение в сельскохозяйственный оборот регламентируется Государственной программой эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 14 мая 2021 г. № 731.

На осушенных торфяных почвах в настоящее время используют четыре вида их освоения: пескование-смешанное (или северное, шведское); покровное (насыпное, или римпауское); немецкое смешанно-слоиное; черную культуру.

В России используется в основном черная культура освоения торфяников под овощекар-

повые севообороты, которая создает предпосылки к возгоранию торфяной почвы за счет ее открытости для воздействия солнечной радиации в условиях низкого расположения грунтовых вод и разрыва капиллярной каймы с верхними слоями почвы. Это приводит к изменению их теплофизических свойств в сторону создания предпосылок к возникновению возгорания.

В период вегетации сельскохозяйственных культур торфяные почвы высыхают до пожароопасного состояния не только по причине отсутствия осадков. Высыханию способствуют возделываемые культуры, которые работают как испаритель воды за счет высокой транспирации или испарительной способности.

Торфяные почвы характеризуются в естественном сложении и водном питании высокой теплоемкостью и высокой теплопроводностью. Понижение уровня грунтовых вод приводит к изменению их теплового режима, что связано с увеличением воздушной фазы почвы. Поскольку теплопроводность воздуха в 20 раз ниже, чем теплопроводность воды, то и теплопроводность торфяной почвы понижается. Прогреваемость почвы определяется как количеством поступающего тепла, так и расположением уровня грунтовых вод [1-4].

Температурный режим торфяной почвы и приземного слоя воздуха формируется за счет превращения лучистой энергии солнца на поверхности почвы.

В общем виде уравнение теплового баланса на деятельной поверхности, выражающее закон сохранения энергии, представлено как

$$R - B - P - LE = 0, \quad (1)$$

где  $P$  – поток тепла, определяемый теплообменом поверхности почвы с вышележащими слоями воздуха;  $LE$  – поток тепла, связанный с испарением или конденсацией (суммарное испарение);  $B$  – поток тепла в почву, определяемый теплообменом поверхности, с низележащими слоями;  $R$  – радиационный баланс деятельной поверхности, оставшийся в результате всех потерь на излучение и отражение.

Значения величин суммарного испарения и турбулентного теплообмена зависят от разности температур и влажности между поверхностью торфяной почвы и воздухом, а также от структуры, направления и величины скорости ветра, шероховатости и структуры

почвенной поверхности. В условиях отсутствия капиллярного подпитывания верхнего слоя торфяной почвы по причине низкого стояния уровня грунтовых вод и отсутствия выпадения осадков наступает иссушение верхнего слоя почвы. При данных условиях составляющая  $LE \approx 0$  и уравнение баланса принимают вид:

$$R - B - P = 0. \quad (2)$$

В таком случае больше энергии расходуется на нагрев почвы, вследствие чего увеличивается вероятность возникновения самовозгорания или зажигания торфа.

Особенности температурного режима верхнего слоя торфяных почв определяются процессами теплообмена с внешней средой и подстилающими слоями.

Теплообмен зависит от термических коэффициентов торфа – таких, как:  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, характеризующий степень проводимости тепла между слоями;  $K$  – коэффициент температуропроводности, характеризующий скорость распространения температуры;  $C_p$  – коэффициент объемной теплоемкости, характеризующий интенсивность изменения температуры слоя при нагреве и охлаждении.

Увеличение температуры верхних слоев почвы при низком уровне грунтовых вод объясняется тем, что при низкой влажности снижается коэффициент температуропроводности и тепло меньше проникает в нижние слои почвы. При высоком стоянии уровня грунтовых вод коэффициент температуропроводности почвы почти в 20 раз выше за счет влажности почвы. В данном случае тепло отводится в более глубокие и влажные слои почвы, где возникновение пожара невозможно ввиду высокой влажности, недостатка окислителя и кислорода [5-7].

Целью проведения экспериментальных исследований являлось определение склонности к самовозгоранию и вынужденному зажиганию от нагретых тел образцов торфа при различной их плотности.

Для проведения опытов использовался сушильный шкаф марки СНОЛ-3,5 с объемом рабочей камеры согласно рекомендациям (40 л) и возможностью изменения температуры от  $0^\circ\text{C}$  до  $350^\circ\text{C}$ . Исследуемые образцы торфа помещались в контейнеры К-30 цилиндрической формы, изготовленные из латунной сетки № 8 с высотой и диаметром 30 мм без проволочного каркаса.

Температура в сушильном шкафу измерялась в нескольких точках тремя термопарами ТПК 011-0,5/1,5 с диаметрами электродов 0,5 мм диапазоном измерения температур  $-40 \dots +800^\circ\text{C}$ , с термоизоляцией.

Для записи показаний термопар использовался четырехканальный измеритель-регистратор марки ИС-203.4, к которому через нормирующие усилители НУ-02, с диапазоном рабочих температур  $0 \dots 900^\circ\text{C}$  и выходным сигналом в виде постоянного тока  $4 \dots 20$  мА, присоединялись термопары ТПК 011-0,5/1,5. Измеритель-регистратор ИС-203.4 через модуль ПС-2 и разъем RS-485 передавал данные с термопар на персональный компьютер.

Схема установки в сборе представлена на рисунке 1.

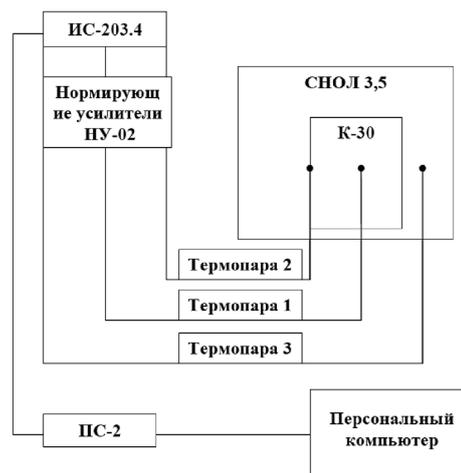


Рис. 1. Схема экспериментальной установки  
Fig. 1. Scheme of experimental plant

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследований приведены в таблице 1 и на рисунке 2, из которых следует, что при увеличении плотности верхних слоев торфяной почвы увеличивается время до возникновения предпосылки торфяного пожара. Также из анализа таблицы 1 и рисунка 2 следует, что время до достижения пожарной опасности верхнего слоя торфа увеличивается с возрастанием его объемной плотности.

Таким образом, если увеличить плотность верхнего торфяного слоя до максимальных значений, то пожароопасный период достигает 8 мес., тогда как в средней полосе его длительность составляет 4 мес. (с апреля по август), то есть возникновение торфяных пожаров на торфяниках становится невозможным.

В качестве существующих противопожарных профилактических мероприятий наиболее эффективным является применение специальных обработок с использованием комплекса машин в условиях черной культуры освоения, при котором происходит изменение водно-физических свойств слоя торфа, что препятствует возникновению пожара. Это следует из данных таблицы 1 и рисунка 2, полученных при проведении исследований [8-11].

Время достижения пожарной опасности торфяника в зависимости от его плотности, г/см<sup>3</sup>

Table 1

The time to reach the fire hazard of the peat bog depending on its density g/cm<sup>3</sup>

Объёмная плотность торфа $d_v$ , грамм/см <sup>3</sup> <i>Bulk density of peat <math>d_v</math>, gram / cm<sup>3</sup></i>	Время в сут. лабораторные условия <i>Time per day, laboratory conditions</i>	Время в сут. полевые условия <i>Time per day, field conditions</i>
<b>Плотность слоя торфа в слое 0-20 см, после торфоразработок</b> <i>Density of peat layer in the layer 0-20 cm after peat development</i>		
0,16	0,068	6,7
0,18	0,11	11,09
0,2	0,16	15,45
0,22	0,2	19,8
0,24	0,25	24,3
<b>Плотность торфа в естественном сложении / <i>Density of peat in the natural composition</i></b>		
0,7	1,29	125,9
1,0	1,97	192,6
1,2	2,44	239,35

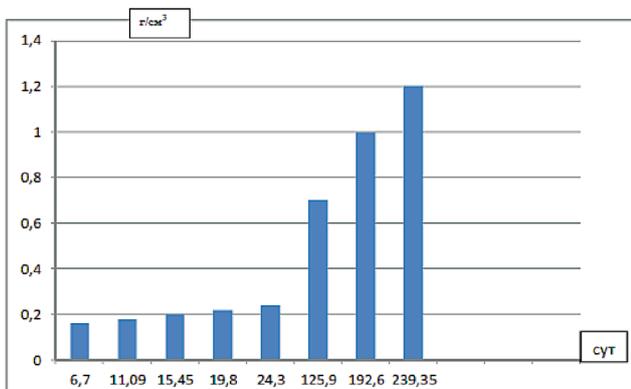


Рис. 2. Время достижения условий самовозгорания и вынужденного зажигания торфом в зависимости от плотности сложения

Fig. 2. Time for reaching the conditions of spontaneous ignition and forced peat firing depending on the composition density

Технологические операции по изменению объемной плотности торфяного слоя приведены на рисунке 3.



Рис. 3. Технологические операции

Fig. 3. Technological operations

Назначение технологических операций заключается в следующем.

1. Глубокая вспашка торфяника – глубина 60-70 см с целью рыхления уплотненной части подстилающего грунта, которая, по нашим данным, составляет 10 см и препятствует поступлению влаги в верхние слои за счет

капиллярного питания от грунтовых вод, для создания капиллярных связей со слоем торфа.

2. Фрезеровка поверхности торфяного участка на глубину 15-20 см для перемешивания верхнего пожароопасного 5-сантиметрового слоя с более плотными низлежащими слоями с целью создания более плотного слоя.

3. Планировка поверхности для повышения эффективности последующего прикатывания торфяного слоя с целью увеличения его плотности, что позволяет снизить испарение с поверхности поля до 20% в теплый период за счет уменьшения площади контакта поля с атмосферным воздухом.

4. Уплотнение грунта – завершающая операция, целью которой является уплотнение фрезерованного слоя торфа для уменьшения его пожарной опасности, пригодности под биологический (сельскохозяйственный) этап рекультивации и создание капиллярной связи с низлежащими слоями.

## Выводы

1. В России используется черная культура освоения торфяников под овощекормовые севообороты, которая создает предпосылки к возгоранию торфяной почвы за счет ее открытости для воздействия солнечной радиации в условиях низкого расположения грунтовых вод.

2. С увеличением плотности верхнего торфяного слоя до максимальных значений пожароопасный период достигает 8 мес., тогда как в средней полосе его длительность составляет 4 мес. (с апреля по август), то есть возникновение торфяных пожаров на торфяниках становится невозможным.

3. В качестве противопожарных профилактических мероприятий наиболее эффективным

является применение специальных обработок с использованием комплекса машин в условиях черной культуры освоения, при котором

происходит изменение водно-физических свойств слоя торфа, что препятствует возникновению пожара.

#### Библиографический список

1. **Лыков А.В.** Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 599 с.
2. **Львов П.Н., Орлов А.И.** Профилактика лесных пожаров – М.: Лесная промышленность, 1984. – 116 с.
3. **Евграфов А.В.** Водный режим земель и его взаимосвязь с торфяными пожарами: Монография. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2009. – 164 с.
4. **Афанасик Г.И.** Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах / Н.С. Шабан, В.Н. Пятницкий, В.П. Трибис. – Минск: Урожай, 1980. – 136 с.
5. **Гедрайтите В.А.** Торф и его свойства // Мат-лы Междун. научной конф. «Проблемы естествознания». Вып. 2. – Томск: 2010. – С. 33-35.
6. ГОСТ Р 17.5.3.04-83. Охрана природы. Земля. Общие требования к рекультивации земель. – М., 1984. – URL: <http://1000gost.ru/Index/21/21465.htm>.
7. **Евграфов А.В.** Системное возрождение торфо-разработок как инновационное направление в рациональном и экологически безопасном природопользовании // Сб. мат-лов Российской межрегиональной конф. «Ресурсно-экологические проблемы Волжского бассейна». – Владимир, 2011. – С. 10-16.
8. **Переднев В.П., Аутко А.А., Коротневич А.И.** Сдерживание процессов минерализации торфяно-болотных почв при возделывании овощных культур // Проблемы Полесья. – Минск: Наука и техника, 1981. – С. 108-111.
9. **Борисов А.А., Киселёв Я.С., Удилов В.П.** Кинетические характеристики низкотемпературного горения торфа // Теплофизика лесных пожаров. – Новосибирск: ИТФСО АН СССР, 1984. – С. 23-30.
10. **Евграфов А.В.** Использование сельскохозяйственной и специальной техники для тушения торфяных пожаров // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2007. – Вып. 2(22). – С. 72-73.
11. **Кузнецов В.Т., Лобода Е.Л.** Экспериментальное исследование воспламенения торфа под воздействием лучистой энергии // Физика горения и взрыва. – 2010. – Т. 46, № 6. – С. 86-92.

#### Критерии авторства

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

#### Конфликт интересов

Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 30.08.2022

Одобрена после рецензирования 12.09.2022

Принята к публикации 19.09.2022

#### References

1. **Lykov A.V.** Teoriya teploprovodnosti. – M.: Vysshaya shkola, 1967-599 s.
2. **Lvov P.N., Orlov A.I.** Profilaktika lesnyh pozharov – M: Lesnaya promyshlennost, 1984. – 116 s.
3. **Evgrafov A.V.** Vodny rezhim zemel i ego vzaimosvyaz s torfyanyimi pozharemi: monografiya. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2009. – 164 s.
4. **Afanasik G.I.** Kompleksnoe regulirovanie uslovij zhizni rastenij na torfyanyh pochvah / Shaban N.S., Pyatnitskij V.N., Tribis V.P. – Mn.: Urozhaj, 1980. – 136 s.
5. **Gedratite V.A.** Torf i ego svojstva // Mat-ly mezhdun. nauchnoj konf. «Problemy estestvoznaniya». Vyp. 2. – Tomsk, 2010. – S. 33-35.
6. GOST R17.5.3.04-83. Ohrana prirody Zemli. Obshchie trebovaniya r rekultivatsii zemel. M., 1984. <http://1000gost.ru/Index/21/21465.htm>
7. **Evgrafov A.V.** Sistemnoe vozrozhdenie torfo-razrabotok kak innovatsionnoe napravlenie v ratsionalnom i ekologicheski bezopasnom prirodopolzovanii // Sb. mat-lov Rossijskoj mezhhregionalnoj konf. «Resursno-ekologicheskie problem Volzhskogo bassejna». – Vladimir: 2011. – S. 10-16.
8. **Perednev V.P., Autko A.A., Korotnevich A.I.** Sderzhivanie protsessov mineralizatsii torfyano-bolotnyh pochv pri vzdelyvanii ovoschnyh kultur // Problemy Polesya. – Mn.: Nauka i tehnik, 1981. – S. 108-111.
9. **Borisov A.A., Kiselev Ya.S., Udilov V.P.** Kineticheskie harakteristiki nizkotemperaturnogo goreniya torfa // Teplofizika lesnyh pozharov. – Novosibirsk: ITFSO AN SSSR, 1984. – S. 23-30.
10. **Evgrafov A.** V Ispolzovanie selskohozyajstvennoj i spetsialnoj tehniky dlya tusheniya torfyanyh pozharov // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina». – 2007. – Vyp. 2(22). – S. 72-73.
11. **Kuznetsov V.T., Loboda E.L.** Experimentalnoe issledovanie vosplamneniya torfa pod vozejstviem luchistoj energii // Fizika goreniya i vzryva. – 2010. – T. 46. № 6. – S. 86-92.

#### Criteria of authorship

Didmanidze O.N., Evgrafov A.V. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Didmanidze O.N., Evgrafov A.V. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 30.08.2022

Approved after reviewing 12.09.2022

Accepted for publication 19.09.2022