

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-26-33>

УДК 631.6:624.131.276:614.849



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

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. Рассматриваются наиболее распространенные виды природных пожаров и причины их возникновения в Российской Федерации – стране, имеющей крупнейшие торфяные месторождения. Данный вид пожаров наносит огромный прямой и косвенный экономический и социально-экологический ущерб, причем косвенный значительно превышает прямой ущерб и является распределенным во времени. Объектом исследований являются осушенные торфяные почвы и выработанные месторождения, пригодные для производства продукции растениеводства. Рассмотрена главная причина использования торфяных залежей, расположенных на большей части территории Российской Федерации, в качестве сельскохозяйственных угодий. Представлены агрохимические характеристики различных торфяных почв, которые показывают, что торф обладает высоким плодородием и представляет интерес для выращивания сельскохозяйственных культур. Целью экспериментальных исследований являлось определение времени до самовозгорания отобранных образцов торфа при их естественной плотности. Представлены результаты экспериментальных исследований способности торфяной почвы самовозгораться в зависимости от ее степени разложения и объемной плотности. В результате исследований определены степень разложения и зольность образцов торфа. Представлены зависимость изменения объемной плотности торфа в естественных условиях от степени разложения и динамика процесса разогрева теплофизического центра и поверхности образцов торфа. Определено, что процесс деструкции осушенных торфяных почв имеет четкую тенденцию быстрого роста.

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, мелиоративный фонд

Формат цитирования: Дидманидзе О.Н., Евграфов А.В., Пуляев Н.Н., Гузалов А.С. Результаты исследований пожароопасности торфа в зависимости от степени его разложения на землях сельскохозяйственного назначения // Природообустройство. 2024. № 4. С. 26-33. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-26-33>

Scientific article

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

Russian Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

Institute of Mechanics and Power Engineering named after V.P. Goryachkin; 127434, Moscow, st. Timiryazevskaya. 49, Russia

Abstract. This article examines the most common types of natural fires in the Russian Federation, a country with some of the largest peat deposits on the planet, and the reasons for their occurrence. This type of fire causes enormous direct and indirect economic, socio-ecological damage, and indirect damage significantly exceeds direct damage and is distributed over time. The object of the study is drained peat soils and mined-out deposits suitable for crop production. The main reason for the use of peat deposits located in most of the territory of the Russian Federation as agricultural land is highlighted. The agrochemical characteristics of various peat soils are presented, which show that peat has high fertility and is of interest for growing crops. The purpose of the experimental studies was to determine the time before spontaneous combustion of selected peat samples at their natural density. The results of experimental studies of the ability of peat soil to spontaneously ignite depending on its degree

of decomposition and bulk density are presented. As a result of the study, the degree of decomposition and ash content of peat samples were determined. The dependence of changes in the volumetric density of peat under natural conditions depending on the degree of decomposition and the dynamics of the heating process of the thermophysical center and the surface of peat samples are presented. It has been determined that the process of destruction of drained peat soils has a clear tendency of rapid growth.

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, reclamation fund

Format of citation: Didmanidze O.N., Evgrafov A.V., Pulyaev N.N., Guzalov A.S. Results of studies of peat fire hazard depending on the degree of its decomposition on agricultural land // Prirodoobustrojstvo. 2024. No.3. P. 26-33. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-26-33>

Введение. В Нечерноземной зоне Российской Федерации более 70% сельскохозяйственных угодий расположено на солонцово-подзолистых почвах, которые обладают низким плодородием, характеризуются незначительной мощностью горизонта, содержанием гумуса 0,8-2%, кислой реакцией pH 4,0-5,5 и неосновными элементами питания [1].

Площадь осушенных торфяных почв России составляет около 320 млн га, на 130 млн га остаточный слой торфа – более 30 см, что соответствует требованиям нормативно-технической документации, регламентирующей их использование для целей сельскохозяйственного производства.

Цель исследований: определение времени до самовозгорания отобранных образцов торфа при их естественной плотности.

Торфяные почвы содержат большое количество углерода, водорода, серы и азота, имеют высокий плодородный потенциал и обладают агрономическими свойствами, поэтому урожайность сельскохозяйственных культур на них значительно выше, чем на дерново-подзолистых почвах Центральной Нечерноземной зоны России, занимающих более 30% ее площади.

В таблице 1 представлены агрохимические характеристики различных торфяных почв, которые показывают, что торф обладает высоким плодородием и представляет интерес для выращивания сельскохозяйственных культур.

Согласно результатам исследований [2] наиболее распространенным является черновой способ, который применяется при освоении выработанных торфяников и при котором впоследствии выращиваются многолетние и однолетние травы, овощи, кормовые и зерновые культуры.

Периодическая обработка верхнего слоя торфяной почвы в процессе возделывания сельскохозяйственных культур разрыхляет и уменьшает ее объемную плотность, а также способствует формированию открытой поверхности, которая подвергается прямому воздействию солнечной радиации и сильному нагреву. За вегетационный период культуры испаряют большое количество влаги из почвы, что приводит к уменьшению влажности ее слоев по всей корнеобитаемой зоне и даже за ее пределами на фоне низкого расположения уровня грунтовых вод, причем ситуацию осложняет работающая осушительная система, присутствующая на всех осушенных торфяниках.

Таким образом, на торфяной почве формируются предпосылки для активации процессов теплового самовозгорания. Данный процесс активируется при температурах воздуха от +35 до 40°C, при которых поверхность торфа достигает значений в свою очередь около +90°C. Торфяные пожары приводят к уничтожению почвы, снижению ее плодородия и нецелесообразности сельскохозяйственного производства на ней. В результате происходит потеря высокопродуктивных угодий на фоне большого экологического

Таблица 1. Агрохимическая характеристика различных типов торфяных почв, % к абсолютно сухой массе

Table 1. Agrochemical characteristics of various types of peat soils in% of absolutely dry mass

Вид торфа Type of peat	Содержание золы% Ash content, %	Содержание органического вещества% Content of organic matter, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	pH вытяжки pH extract
Низинный / Lowland	8-15	85-92	2,5-3,5	0,2-0,6	0,15-0,20	2,0-6,0	4,7-5,5
Переходный / Transitional	5-8	90-95	1,2-2,5	0,10-0,25	< 0,15	0,2-0,4	3,5-4,7
Верховой / High-moor	< 5	95-98	0,7-1,5	< 0,15	< 0,10	< 0,4	2,8-3,5

и экономического ущерба. Особенность горения и тления торфа заключается в том, что он горит практически во всех направлениях, не подвержен силе и направлению ветра и не может быть остановлен дождем или снегом [3].

Тепловые эпицентры торфяных пожаров находятся в основном в слоях торфа в режиме тления и поэтому скорость их распространения может достигать значений от метров до десятков метров за сутки. Особенность данных пожаров заключается в том, что очаг тления возникает на поверхности торфяной почвы и далее самопроизвольно заглубляется вплоть до минеральных подстилающих слоев грунта, вдоль которых он в дальнейшем распространяется с последующим выходом на поверхность.

Высокие теплотворные свойства торфа обусловлены наличием в нем битумов, содержание которых может достигать до 25% от массы абсолютно сухой торфяной почвы. Во время торфяного пожара частицы торфяной почвы, через которые просачивается дым, обволакиваются парафином, поступающим из очага горения или тления, что способствует их несмачиванию водой. Поэтому для эффективной ликвидации возгорания требуются специальные водные составы с добавлением поверхностно активных веществ, что в свою очередь наносит экологический ущерб окружающей среде [2, 3].

Нижние слои торфа тлеют (горят) с неравномерной скоростью, но данный процесс является устойчивым и не может быть остановлен осадками. Как правило, при торфяном пожаре выгорает плодородный слой торфяной почвы на глубину 0,5-1,5 м, вследствие чего образуются непригодные для ведения сельского хозяйства пирогенные образования. Кроме того, на данной территории активизируются процессы водной и ветровой эрозии.

Тверская область обладает крупнейшими запасами торфа среди всех регионов Центральной Нечерноземной зоны России. По числу разведанных торфяных месторождений она занимает первое место среди 17 регионов Центрального федерального округа, и ее доля составляет 20,5% [3].

Основные выработанные торфяные массивы приходятся на Калининский (9), Кимрский (7) и Кувшиновский (5) районы.

Среди разрабатываемых запасов преобладают пожароопасные торфяные месторождения, которые относятся к категории сельскохозяйственных угодий и составляют 57,4% от общего числа разрабатываемых запасов [4].

Состав мелиоративного фонда торфяных месторождений определяется по критериям отнесения запасов торфа к забалансовым (мелкие контуры, неглубокие залежи, зольность). Резервом

для земель сельскохозяйственного назначения являются торфяные месторождения, которые пригодны для производства на них продукции растениеводства. Наибольшее количество объектов мелиоративного фонда расположено в Старицком (123), Калининском (114), Кимрском (86) административных районах Тверской области с развитой инфраструктурой, что указывает на привлекательность здесь сельскохозяйственной деятельности.

Анализ исследований [5] показывает, что стандартный размер торфяного месторождения восстановительного фонда составляет в среднем 30 га. Запасы торфа на участках восстановительного фонда составляют 29,0 млн т, или 1,4% от всех запасов региона.

Согласно ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» торфяной грунт (торф) – это органический грунт, содержащий в своем составе 50% (по массе) и более органического вещества, представленного растительными остатками и гумусом. По степени разложения он подразделяется на 3 категории, представленные в таблице 2.

Степень разложения показывает содержание в торфе аморфного вещества, состоящего из продуктов разложения исходной растительной массы и мельчайших обрывков ее тканей.

Материалы и методы исследований.

Участки отбора проб расположены на месторождении торфа «Красный мох» в пределах Верхневолжской низменности (рис. 1).

Пробы были отобраны по ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб» [8] в Тверской области на месторождении торфа «Красный мох» на участках с кадастровыми номерами 69:10:0000018:524, 69:10:0000018:525, 69:10:0000018:268.

Были определены степень разложения и зольность образцов торфа по ГОСТ 10650-2013 «Торф. Методы определения степени разложения и объемная плотность», ГОСТ 26714-85 «Удобрения органические» [8] (табл. 3). Плотность определялась во время отбора образцов ненарушенно го верхнего слоя торфа.

Таблица 2. Классификация торфа по степени разложения

Table 2. Classification of peat by degree of decomposition

Разновидность торфа <i>Type of peat</i>	Степень разложения $D_p d\%$ <i>Degree of decomposition</i>
Слаборазложившийся <i>Slightly decomposed peat</i>	$D_p d < 20$
Средне­раз­ложив­ший­ся <i>Medium-decomposed peat</i>	$20 < D_p d < 45$
Сильно­раз­ложив­ший­ся <i>Highly decomposed</i>	$D_p d > 45$

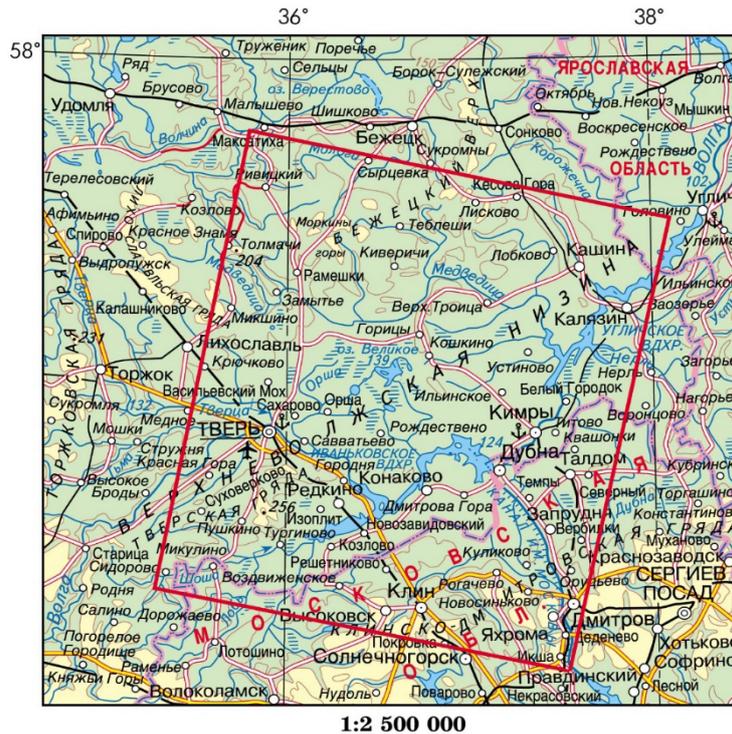
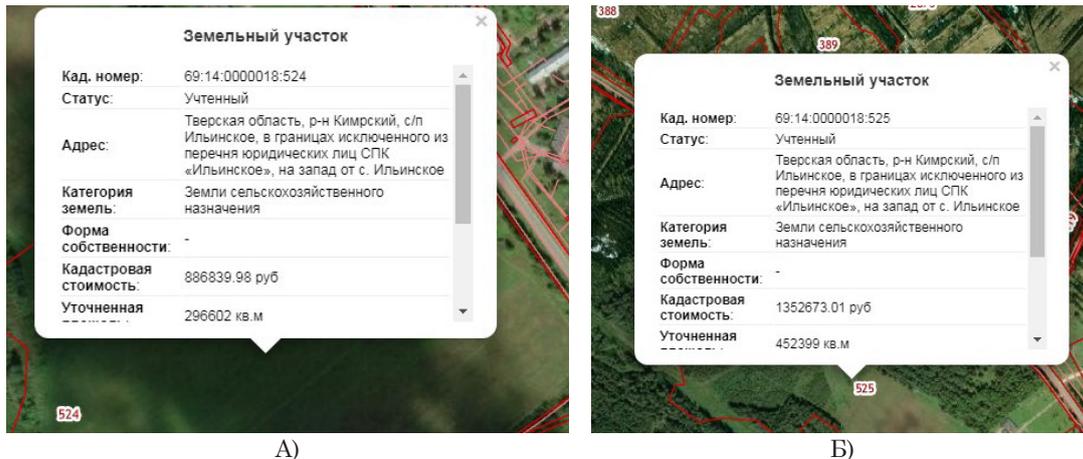


Рис. 1. Верхневолжская низменность [6]
 Fig. The Verkhnevolzhsk lowlands [6]



А)

Б)



В)

Рис. 2. Участки отбора проб с кадастровыми номерами:
 А) 69:10:0000018:524; Б) 69:10:0000018:525; В) 69:10:0000018:268
 Fig. 2. Sampling sites with cadaster numbers:
 А) 69:10:0000018:524; Б) 69:10:0000018:525; В) 69:10:0000018:268

На рисунке 3 представлена зависимость изменения объемной плотности торфа в естественных условиях от степени разложения, из которой следует, что с ростом разложения образцов возрастает их плотность.

Цель экспериментальных исследований: определение времени до самовозгорания отобранных образцов торфа при их естественной плотности. В ходе исследований итерация экспериментов была трехкратной.

Для проведения лабораторных исследований торфяной почвы, отобранной на месторождении «Красный мох», расположенном в Тверской области (рис. 3), была применена методика экспериментального определения условий возникновения процесса теплового самовозгорания, разработанная ВНИИПО [9]. Для проведения экспериментальных исследований использовалось следующее оборудование: сушильный шкаф СНОЛ-3,5; цилиндрический контейнер К-30 из латунной сетки № 8 высотой и диаметром 30 мм; термопары ТПК 011-0,5/1,5 с диаметром электрода 0,5 мм, диапазон измерения температуры $-40...+800^{\circ}\text{C}$; счетчик-регистратор марки ИС-203.4 с 4 каналами передачи информации; нормирующие усилители НУ-02; программное

обеспечение «Диспетчер 203» и «Техно-Графика» [10, 11]. Схема установки представлена на рисунке 4. Испытуемые образцы торфа загружались в специальный контейнер К-30, температура в котором фиксировалось с помощью термопар, расположенных в теплофизическом центре и на поверхности испытуемого образца.

Температура окружающей среды в сушильном шкафу 90°C поддерживалась на всем протяжении эксперимента, что соответствует нагреву поверхности торфяной почвы в средней полосе Нечерноземной зоны Российской Федерации в летнюю жару. Полученные результаты представлены в форме графиков (рис. 5-7), показывающих тепловые изменения теплофизического центра и поверхности образцов торфа под действием температуры окружающего воздуха, статированного в сушильном шкафу. При достижении равенства температур центра и поверхности испытуемого образца торфяной почвы создаются условия для теплового самовозгорания.

Из полученных результатов следует, что при увеличении степени разложения торфяной почвы повышается ее объемная плотность, при увеличении которой возрастает время до создания условий самовозгорания образцов торфа.

Таблица 3. Результаты лабораторного анализа образцов торфа

Table 3. Results of laboratory analysis of peat samples

Определяемые показатели <i>Defined indicators</i>	Единицы измерений <i>Units of measurements</i>	Результаты исследований <i>Tests results</i>	Погрешность Δ <i>Error Δ</i>	Дополнительный контроль параметров <i>Additional control of parameters</i>	Соотв. требований НТД <i>Compliance with the NTD requirements</i>	Метод испытаний <i>Test method</i>
Участок отбора проб А / Sampling site A						
Степень разложения <i>Degree of decom</i>	%	20	–	–	соответ. <i>compliance</i>	ГОСТ 10650 2013
Зольность <i>Ash content</i>	%	8	$\pm 0,40$	–	соответ. <i>compliance</i>	ГОСТ 26714 –85
Участок отбора проб Б / Sampling site B						
Степень разложения <i>Degree of decom</i>	%	35	–	–	соответ. <i>compliance</i>	ГОСТ 10650 2013
Зольность <i>Ash content</i>	%	10,4	$\pm 0,80$	–	соответ. <i>compliance</i>	ГОСТ 26714 –85
Участок отбора проб В / Sampling site B						
Степень разложения <i>Degree of decom</i>	%	50	–	–	соответ. <i>compliance</i>	ГОСТ 10650 2013
Зольность <i>Ash content</i>	%	11,8	$\pm 0,80$	–	соответ. <i>compliance</i>	ГОСТ 26714 –85

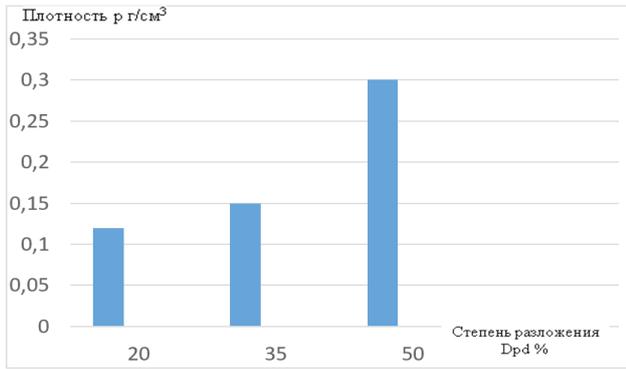


Рис. 3. Зависимость плотности верхнего слоя торфа от степени разложения в естественных условиях

Fig. 3. Dependence of the density of the upper layer of peat on the degree of decomposition in natural conditions

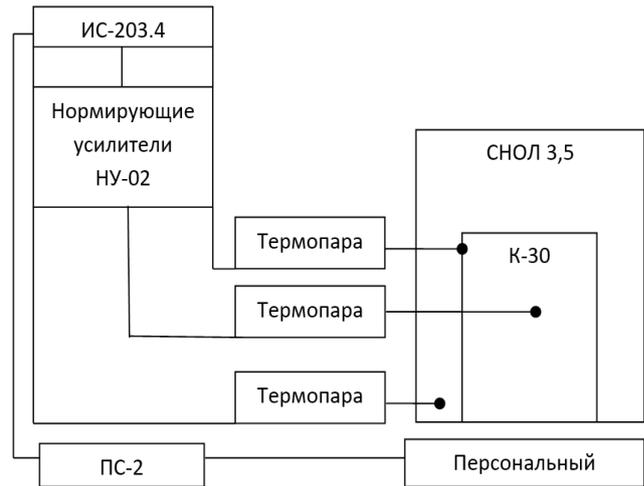


Рис. 4. Схема экспериментальной установки
Fig. 4. Scheme of the experimental facility

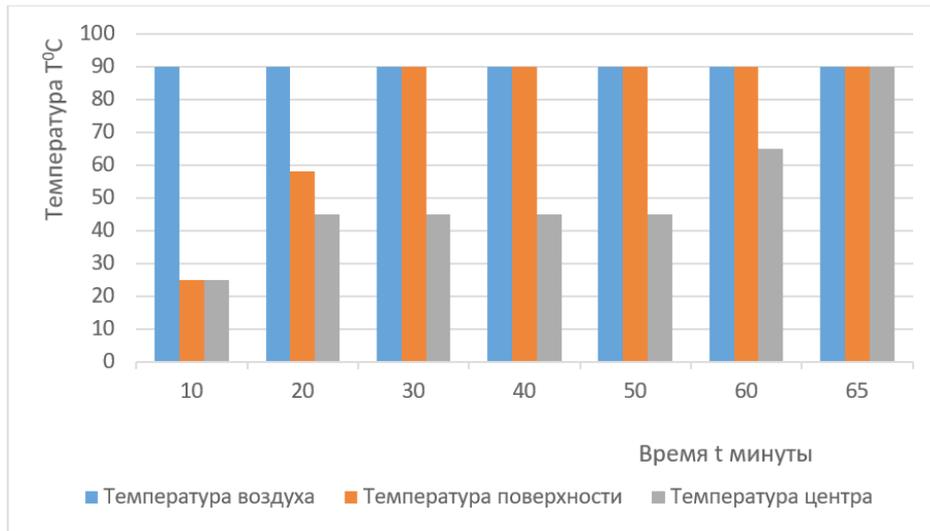


Рис. 5. Достижение образца торфа А параметров самовозгорания
Fig. 5. Achievement of peat sample A of spontaneous combustion parameters

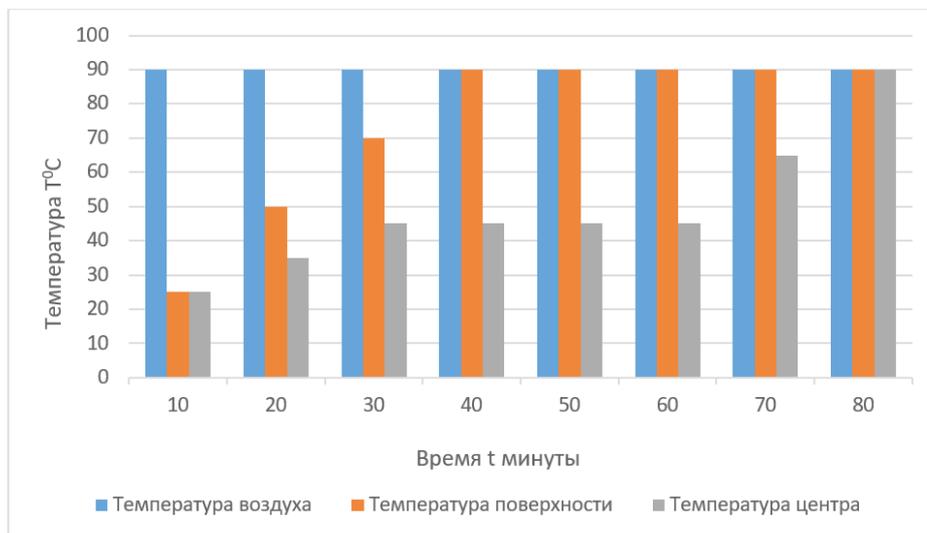


Рис. 6. Достижение образца торфа Б параметров самовозгорания
Fig. 6. Achievement of peat sample B of spontaneous combustion parameters

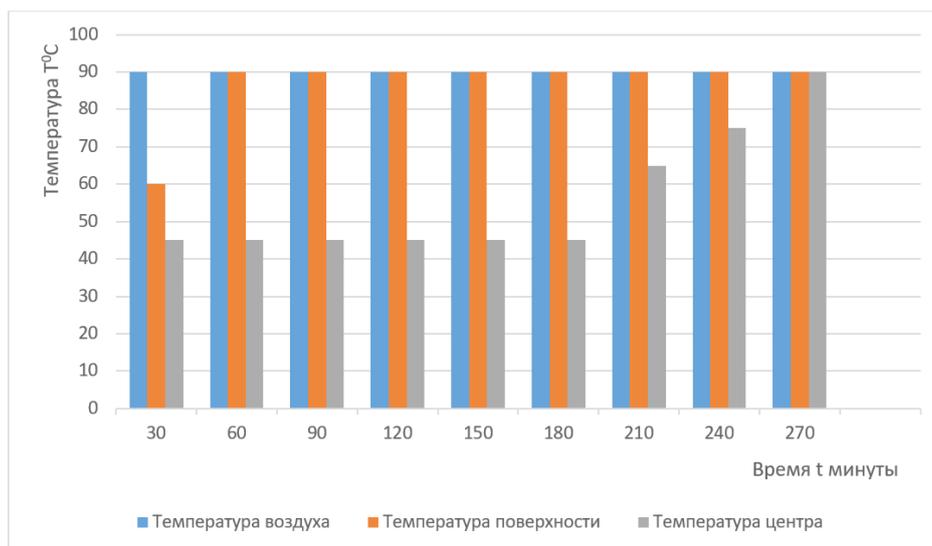


Рис. 7. Достижение образца торфа В параметров самовозгорания
Fig. 7. Achievement of peat sample B of spontaneous combustion parameters

Инициирование процесса самовозгорания и возгорания торфяной почвы зависит от их объемной плотности. Скорость тления или горения можно описать математической зависимостью, полученной Я.С. Киселевым [9]:

$$U_N = \frac{n \cdot a \cdot c_p \cdot \rho \cdot P_+(T)}{\psi \cdot \alpha \cdot \Delta T_3},$$

где n – относительный температурный градиент; a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; c_p – удельная теплоемкость, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; ρ – плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $P_+(T)$ – адиабатическая скорость самонагрева в зоне горения (или тления), $\text{К} \cdot \text{с}^{-1}$.

Отсюда чем меньше насыпная плотность образца торфа, тем короче длина волны горения, он содержит большее количество окислителя, по причине чего скорость тления или горения значительно выше.

На основе полученных результатов эксперимента можно сделать заключение о том, что при низкой степени разложения торфяной почвы она имеет меньшую объемную плотность, большую насыщенность кислородом, короткую длину волны горения по сравнению с более плотными образцами. Соответственно по этим причинам требуется меньше времени до активации в ней процесса самовозгорания, то есть она является наиболее пожароопасной.

Выводы

1. Среди земель Центральной Нечерноземной зоны Российской Федерации наибольший производственно-экономический интерес в целях

производства продукции растениеводства представляют торфяные почвы, которые обладают высоким потенциалом плодородия. Как правило, это осушенные торфяные месторождения, где уже присутствует мелиоративная система, которая делает их более ценными для сельскохозяйственной деятельности.

2. При систематической обработке почвы, которая является неотъемлемой частью возделывания сельскохозяйственных культур, происходит разуплотнение верхнего слоя торфа, подверженного нагреву под действием солнечной радиации. Также в течение вегетационного периода культуры транспирируют почвенную влагу, что усиливает иссушение слоев торфяной почвы и увеличивает риск их самовозгорания.

3. В результате выгорания торфяной почвы образуются пирогенные образования, которые являются непригодными для возделывания сельскохозяйственных культур. Восстановление плодородного слоя почвы – долгий и экономически затратный процесс.

4. Из результатов полевых и лабораторных исследований следует, что с ростом разложения торфяной почвы возрастает ее объемная плотность. При ее увеличении возрастает время до создания условий самовозгорания образцов торфа, снижается ее пожароопасность за счет увеличения длины волны горения и уменьшения количества окислителя, в результате чего скорость распространения горения в ней значительно ниже.

Список использованных источников

1. **Аравин В.И., Нумеров С.Н.** Теория движения жидкостей и газов в недеформируемой пористой среде. М.: Гостехиздат, 1953. 616 с.
2. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России. Ред. Л.И. Инишева. Томск: ЦНТИ, 2003. 60 с.
3. **Макаренко Г.Л.** Торф малой степени разложения физико-географических провинций Тверской области // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 2. С. 86-92. EDN: RTZJCR.
4. **Панов В.В., Женихов Ю.Н.** Структура и учет пожароопасных торфяников Тверской области // Труды Инсторфа. 2021. № 24 (77). С. 26-33. EDN: TWUTWG.
5. **Миронов В.А.** и др. Торфяные ресурсы Тверской области: рациональное использование и охрана: монография. 1-е изд. / Федеральное агентство по образованию, Тверской государственный технический университет. Тверь: ТГТУ, 2006. 70 с. EDN: QKYDYR.
6. География. Карта. Верхневолжская низменность. Фото из космоса. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/karta-verkhnevolzhskaya-nizmennost-foto-iz-kosmosa/> (дата обращения: 05.06.2024).
7. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация: Межгосударственный стандарт: дата введения 2012-06-12 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. М.: Стандартиформ, 2018. 45 с.
8. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2019-10-10 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. М.: Стандартиформ, 2019. 8 с.
9. **Киселёв Я.С., Хорошилов О.А., Демехин Ф.В.** Физические модели горения в системе предупреждения пожаров: монография. СПб.: Санкт-Петербургский университет МВД России, 2009. 347 с.
10. **Kinbara T., Akita K.** Combustion and Flame. 1960.t. 4. № 2. Pp. 173-180.
11. **Smith K.A., Dowdell R.I.** Field studies of the soil atmosphere // J. Soil Sci. 1974. Vol. 25, № 2.

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

Николай Николаевич Пуляев, канд. техн. наук, доцент; Orcid: 0000-0001-8984-4426, AuthorID: 416620; pulyaev@rgau-msha.ru

Артёмбек Сергеевич Гузалов, канд. техн. наук; Orcid: 0000-0003-3526-4332, AuthorID: 1036988; aguzalov@mail.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Дидманидзе О.Н., Евграфов А.В., Пуляев Н.Н., Гузалов А.С. выполнили 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

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

Вклад авторов / Authors' contributions

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

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 25.04.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 06.06.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 06.06.2024

References

1. **Aravin V.I., Numerov S.N.** Theory of motion of liquids and gases in a non-deformable porous medium. Moscow: Gostekhizdat, 1953. 616 p.
2. The concept of protection and rational use of peat bogs in Russia / ed. by L.I. Inishev. Tomsk: TSNTI, 2003. 60 p. ISBN5-89702-085-X
3. **Makarenko G.L.** Peat with a low degree of decomposition in the physical-geographical provinces of the Tver region Peat / G.L. Makarenko // Modern science-intensive technologies. 2014. № 2. P. 86-92. – EDN RTZJCR.
4. **Panov V.V.** Structure and accounting of fire dangerous peat bogs in the Tver region / V.V. Panov, Yu.N. Zhenikhov // Works of Instorfa. № 24(77). P. 26-33. – EDN TWUTWG.
5. Peat resources of the Tver region: rational use and protection: monograph / [V.A. Mironov and others]; Federal agency on education, Tver state technical university – 1st edition, Tver: TSTU, 2006. 70 p. – ISBN5-7995-0373-2. – EDN QKYDYR.
6. Geography. The map of the Verkhnevolzhsk low land. Photo from space. Electronic resource. Access mode: <https://geographyofrussia.com/karta-verkhnevolzhskaya-nizmennost-foto-iz-kosmosa/> (date of application: 05.06.2024)
7. GOST 25100-2011 Soils. Classification: Interstate Standard: Date of Introduction 2012-06-12 / Federal agency for technical regulation. ed. official. Moscow, Standartinform Publ., 2018.45 p.
8. GOST R58595-2019 Soils. Sampling. National Standard of the Russian Federation: introduction date 2019-10-10 / Federal agency for technical regulation. – Ed. Official. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 8 p.
9. **Kiselev Ya.S.** Physical models of combustion in the fire prevention system / O.A. Khoroshilov, F.V. Demekhin. Monograph. St. Petersburg: St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2009. 347 p.
10. **Kinbara T., Akita K.** Combustion and Flame. 1960. – t. 4. № 2. P. 173-180.
11. **Smith K.A., Dowdell R.I.** Field studies of the soil atmosphere // J. Soil Sci. 1974. Vol. 25. № 2.

About the authors

Otari N. Didmanidze, RAS academician, DSc (Eng), professor; ORSID: 0000-0003-2558-0585; AuthorID: 311972; didmanidze@rgau-msha.ru

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

Artem S. Guzalov, CSc (Eng), Orcid: 0000-0003-3526-4332, AuthorID: 1036988; aguzalov@mail.ru

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