

УДК 502.51(285.3)

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-47-55>

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОЖАРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ БОЛОТА ВАСИЛЬЕВСКИЙ МОХ

Л.В. Муравьева

ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет», г. Тверь

Возникновение торфяных пожаров на болотах обусловлено как человеческим фактором, так и неустойчивым состоянием природно-антропогенных комплексов, образовавшихся в результате осушения и добычи торфа. Пожары уменьшают мощность торфяного слоя, способствуют вторичному заболачиванию.

Ключевые слова: вегетационные индексы, природно-антропогенные комплексы, торфяные пожары

Введение и постановка проблемы

Пожары на осушенных и выработанных торфяных болотах представляют серьезную экологическую проблему. Во время пожара выгорает большая масса органического вещества [2, 3]. Продукты горения поступают в воздух, что способствует возникновению смога. Это приводит к негативным экологическим, социальным и экономическим последствиям. Вместе с тем, пожары оказывают влияние на ход развития самих болотных геосистем. После осушения и добычи торфа на выработанных участках формируются природно-антропогенные комплексы разных типов [4] в зависимости от способа добычи, рельефа минерального ложа болота, мощности торфа и т.д.

Болото Васильевский Мох, является типичным примером образования и развития таких комплексов. Оно расположено в 10 км к северу от г. Твери на наклонной (от 147 до 141 м) водораздельной равнине (рек Орши и Ведемьи), сложенной водноледниковыми и озерноледниковыми песками и супесями, подстилаемыми моренными суглинками. До освоения это было выпуклое верховое болото с максимальными отметками до 149 м и средней мощностью торфа 0,95-1,43 м. В его центральной части сохранились 3 озера. Сток с болота осуществляется несколькими ручьями.

Добыча торфа на болоте производилась с начала XX в. разными способами: в 1927–1945 гг. – машинно-формовочным и гидроэлеваторным, в 1939–1959 гг. – способом гидроторфа, в 1952–1975 гг. – фрезерным. К концу 1970-х гг. все работы по добыче торфа были завершены. В 1980–90-е гг. в южной и западной частях болота

© Муравьева Л.В., 2023

появились садовые товарищества, на юго-востоке проложена новая автомагистраль. В связи с этим значительно увеличилось количество посещений болота людьми в целях охоты, рыболовства, сбора грибов и ягод. Следствием стали торфяные пожары, существенно изменившие внешний облик и свойства природно-антропогенных комплексов.

Целью работы стало изучение распространения пожаров и их влияния на развитие природно-антропогенных комплексов.

Материалы и методы

Для изучения распространения пожаров были использованы данные космосъемки с 1976 по 2022 гг. – снимки Landsat 4, 5, 8, 9, полученные с сайта Геологической службы США Earth Explorer, а также снимки высокого разрешения Google Earth.

Выявление выгоревших участков производилось с помощью индекса SWVI (Short Wave Vegetation Index) – коротковолнового вегетационного индекса, чувствительного к содержанию влаги в поверхностном слое в т.ч. в листьях. Он рассчитывался по формуле:

$$SWVI = \frac{R_{nir} - R_{sswir}}{R_{nir} + R_{sswir}},$$

где R_{nir} – значение отражения в ближнем инфракрасном диапазоне, R_{sswir} – значение отражения в среднем инфракрасном диапазоне.

Снимки Landsat 4 и некоторые снимки Landsat 5 (имеющие датчик MSS) не позволяли рассчитать SWVI, из-за отсутствия изображения в среднем инфракрасном диапазоне, поэтому использовался также индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, который показывает количество фотосинтетически активной биомассы, рассчитывался по формуле:

$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}},$$

где R_{nir} – значение отражения в ближнем инфракрасном диапазоне и R_{red} – отражение в красной области спектра.

Для определения выгоревших участков применялся разностный индекс:

$$Dswvi = SWVI_{pre} - SWVI_{post},$$

$$Dndvi = NDVI_{pre} - NDVI_{post};$$

где $SWVI_{pre}$ и $NDVI_{pre}$ – значения вегетационных индексов в предыдущий период, $SWVI_{post}$ и $NDVI_{post}$ – значения в последующий период.

Для работы были отобраны снимки, сделанные в летний период, с минимальным облачным покрытием. Все снимки прошли этап радиометрической и атмосферной коррекции. Вычисления были

выполнены в свободно распространяемом программном обеспечении QGIS 3.22.14.

Обработано более 50 снимков, выполнен первичный последовательный расчет и просмотр разностных индексов за период 1976–2022 гг. Снимки, по результатам обработки которых выявлены гари, представлены в табл.1.

Таблица 1

Снимки Landsat, использованные для определения гарей

№	Дата съемки	Спутник, датчик
1	07.08.1990	Landsat 5 TM
2	30.08.1992	Landsat 5 TM
3	19.05.1995	Landsat 5 TM
4	07.08.1995	Landsat 5 TM
5	27.07.1997	Landsat 5 TM
6	21.05.1999	Landsat 5 TM
7	10.09.1999	Landsat 5 TM
8	11.06.2001	Landsat 5 TM
9	19.07.2003	Landsat 5 TM

Установлено, что пожары на болоте происходили в 1992, 1995, 1997, 1999, 2002 гг.

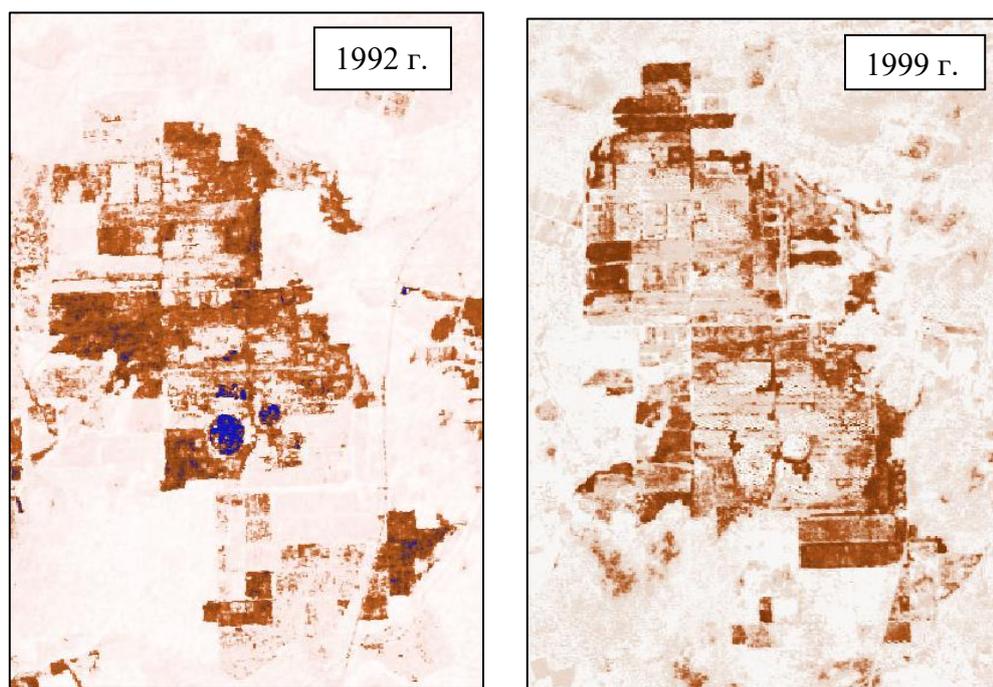


Рис. 1. Визуализация разностного индекса D_{swvi} (серо-коричневым цветом показаны выгоревшие участки)

Разностные индексы D_{swvi} , показавшие наиболее масштабные пожары 1992 и 1999 гг. визуализированы на рис. 1.

Полученные растровые изображения контуров гарей были экспортированы в программу Mapinfo Pro 17.0.5., с помощью которой составлена схема распространения пожаров в разные годы (рис. 2). и определены площади гарей (табл. 2).

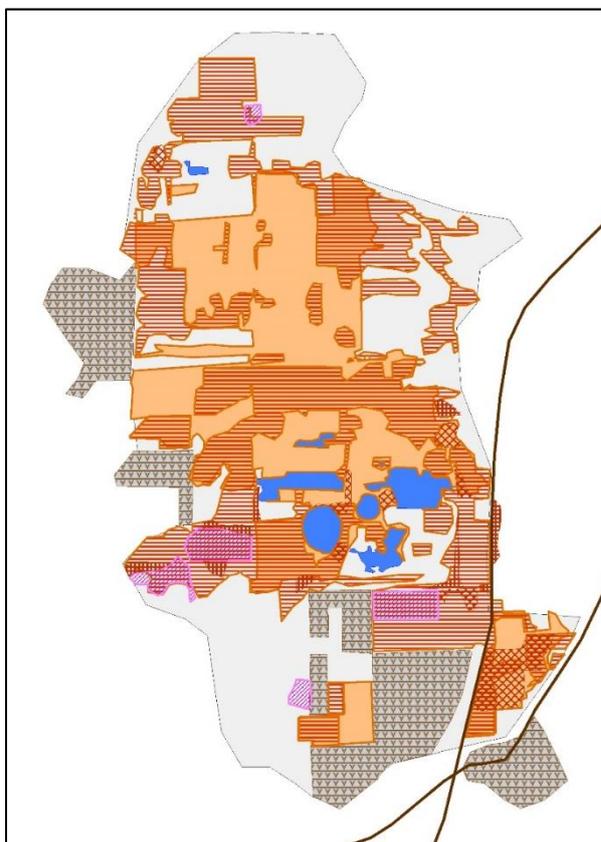


Рис. 2. Распространение пожаров на болоте Васильевский Мох



Таблица 2

Площадь болота, подвергшаяся пожарам, в разные годы

Год	Площадь, км ²
1992	21,9
1995	1,5
1997	1,6
1999	21,7
2002	0,7

Для изучения динамики природно-антропогенных комплексов проводились полевые исследования на болоте в 2001, 2004–2006, 2009–2011, 2020, 2022 гг. Применялся маршрутный метод, с детальным исследованием ключевого участка в южной части болота. Производилось описание растительного покрова, почвы, оставшегося слоя торфа, в лабораторных условиях – определялись его влажность и содержание органического вещества в верхнем 5 см слое, описывался микрорельеф, состояние дренажной сети, степень увлажнения, уровень грунтовых вод. С помощью плана минерального ложа в изобатах определялись особенности рельефа.

Результаты и обсуждение

В результате исследования выявлено, что после завершения торфоразработок в течение 16 лет с 1976 г. по 1992 г. крупных пожаров на болоте не отмечалось. Преобладающим процессом в это время было зарастание фрезерных полей травянистой и древесно-кустарниковой растительностью. Древесная растительность, в первую очередь, развивалась вдоль осушительных каналов. На участках карьерной добычи, которая завершилась к началу 1960-х гг., продолжалось зарастание межкарьерных перемычек, а также расширение и увеличение мощности сплавин на карьерах.

1980–1990 гг. – годы активного садово-огородного освоения территории. В начале 1980-х гг. была построена новая автодорога, протянувшаяся вдоль юго-восточной окраины болота и частично пересекающая его. Вероятно, связанное с этим увеличение посещаемости болота, стало главной причиной роста числа возгораний.

Наиболее масштабные пожары произошли в 1992 и 1999 гг. Они захватили площадь 21,9 и 21,7 км² соответственно. Пожары локального уровня отмечены также в 1995, 1997, 2002 гг. На некоторых участках пожары повторялись 2–3 раза.

Как отмечает большинство специалистов, непосредственной причиной возгораний является человеческий фактор. Однако, предпосылкой возникновения пожаров служит неустойчивое состояние природно-антропогенных комплексов, образовавшихся после осушения болота и торфодобычи, а именно наличие горючего материала в

почвенном и торфяном слоях. В период летней межени на фоне высоких температур происходит отрыв капиллярной каймы зеркала грунтовых вод от нижних горизонтов торфяной залежи [1]. Верхние горизонты торфа, просохшие до относительной влажности 20-50% становятся потенциально горючими [7]. Созданию пожароопасной ситуации способствуют также погодные условия [6].

Основными зонами распространения пожаров являются выработанные фрезерные поля, на которых в ходе добычи был сохранен слой торфа, мощностью 20–30 см и более. Пожарам подвержены также высокие сухие межкарьерные перемычки.

Последствия пожаров на болоте сводятся к полному или частичному сгоранию травянистой и наземной части древесно-кустарниковой растительности, подгоранию корней деревьев. Упавшие стволы перегнивают затем в течение нескольких лет. Выгорание верхней части торфяной залежи происходит в беспламенном режиме (режиме тления). Часто при этом образуются западины, диаметром 0,5–2 м, глубиной 15–20 см, местами до минерального грунта. После пожара на дне таких западин образуется плотный водоупорный слой битумов и углей [7], что приводит их к быстрому обводнению.

Исследования, проведенные на ключевом участке в южной части болота, показали, что после пожаров 1995 и 1999 гг. на большей части площади торфяной слой значительно уменьшился в результате термического воздействия и последующей минерализации. В 2022 г. пирогенные образования включали маломощный слой хорошо разложившегося выветрелого торфа (от 12–14 см до 20 см), содержащего от 6 до 40% органического вещества в верхнем 5 см слое. У поверхности (до 10 см) отмечалась прослойка углей. На двух участках, расположенных в пределах понижений минерального ложа болота, торфяной слой сохранился мощностью 50-70 см с содержанием органического вещества 97%.

Сгорание торфяного слоя привело к дифференциации комплексов по степени увлажнения. В условиях функционирующей дренажной сети на всем ключевом участке, в понижениях рельефа минерального ложа с сохранившимся более мощным слоем торфа начался процесс вторичного заболачивания, на приподнятых участках в условиях лучшего дренажа появились признаки подзолообразования.

В зависимости от степени увлажнения и наличия торфяного слоя шло формирование растительного покрова. Через 10–12 лет после пожара (в 2010–2011 гг.) преобладающими стали вейниковые и иванчаевые группировки, развитые вдоль осушительных каналов и на наиболее сухих участках, пушицевые с водой между кочками – в небольших понижениях, тростниковые – в более глубоких обводненных западинах. Повсюду шло возобновление древесных пород. Наиболее

характерен подрост березы, осины и ивы, высотой 0,5–1,5 м. На некоторых участках был разреженный подрост сосны и березы, высотой 3–5 м, под которым господствовали кукушкин лен и вейник наземный в напочвенном покрове.

В 2022 г. отмечено повсеместное развитие древесного яруса, высотой 5–8 м. На большей части преобладали сосново-осиново-берёзовые вейниково-политриховые ассоциации. Развитие древостоя привело к восстановлению водного баланса, нарушенного пожарами, и уменьшило содержание влаги на поверхности почвы. Влажность верхних горизонтов почвы составила в 2022 г. 20–35%.

Во впадинах болотного ложа с сохранившимся торфяным слоем широко распространились сфагновые мхи. Развитию сфагнового покрова изначально способствовала высокая влажность торфяного субстрата, способного хорошо удерживать влагу. Здесь сформировались осиново-берёзовые и берёзово-осиновые с сосной пушицево-сфагновые сообщества. Высота древостоя составила 3–5 м. Появление сфагновых мхов свидетельствует о вторичном заболачивании и повышении влажности торфа. В 2022 г. на момент отбора проб влажность торфа составила здесь 60–70%. Как показывают исследования, при влажности 92–95% торфяная залежь является сравнительно безопасной в пожарном отношении [5].

Таким образом, вторичное заболачивание на одних участках и отсутствие торфяного слоя на других уменьшили вероятность широкого распространения пожаров в условиях постпирогенных природно-антропогенных комплексов.

В пределах карьерных аквально-территориальных комплексов пожары захватывали межкарьерные перемычки, приводя к появлению ям, промоин и, в целом, снижению их высоты над уровнем воды в карьерах. Одновременно происходило увеличение мощности сплавнины, чему способствовало падение деревьев при пожарах. Все это способствовало повышению степени увлажнения торфа на перемычках и разрастанию сфагновых мхов.

Выводы

Болото Васильевсий Мох неоднократно (в 1992, 1995, 1997, 1999, 2002 гг.) подвергалось пожарам, в результате которых уничтожался растительный покров и уменьшалась мощность торфа, оставшегося после добычи, вплоть до его полного исчезновения.

Пожарам подвергались преимущественно поля фрезерной добычи торфа, а также межкарьерные перемычки.

После пожаров сформировались растительные сообщества на почвах с малым содержанием органического вещества, образовались участки вторичного заболачивания с широким участием сфагновых мхов и тростниковых сообществ.

Разрушение межкарьерных перемычек в результате пожаров и нарастание сплавин способствовало увеличению влажности торфа на перемычках.

В результате постпирогенного развития природно-антропогенные комплексы нарушенного болота стали обладать большей устойчивостью к пирогенному фактору.

Список литературы

1. Зайдельман, Ф. Р. Проблема защиты осушаемых торфяных почв от пожаров и ее решение // Почвоведение. 2011. № 8 С. 1000-1009. Иринцева Е.В., Скушников А.И. Воздействие торфяных пожаров на окружающую среду // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2012. Т. 1. С. 126-129.
2. Копотева Т.А., Купцова В.А. Влияние пожаров на функционирование фитоценозов торфяных болот Среднеамурской низменности // Экология. – 2016. № 1. С. 14-21.
3. Муравьева Л.В. Освоение, антропогенные изменения и современное состояние болотных геосистем Тверской области. Автореф. дисс....канд. геогр. наук. М.: МПГУ, 2011.
4. Собина, В. А. Возникновение, развитие и опасность торфяных пожаров // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. № 1(4). С. 152-154.
5. Хакимов И.Р. Синюткина А.А. Динамика возникновения торфяных пожаров на территории Томской области за 2008-2012 гг.//Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее : Материалы Четвёртого Международного полевого симпозиума, Новосибирск, 04–17 августа 2014 года / Под редакцией А.А. Титляновой и М.И. Дергачёвой. – Новосибирск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2014. – С. 366-368.
6. Хорошавин Л.Б., Медведев О.А., Беляков В.А., Беззапонная О.В. Торфяные пожары и способы их тушения //Пожаровзрывобезопасность, 2012. Т. 21. № 11. С. 85-89.

Об авторе:

МУРАВЬЕВА Любовь Валерьевна – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: lmuraviova@mail.ru), ORCID: 0000-0002-6434-2056, SPIN-код: 4091-7957.

**THE SPREAD OF FIRES AND THEIR INFLUENCE
ON THE DEVELOPMENT OF NATURAL-ANTHROPOGENIC
COMPLEXES OF THE SWAMP VASILIEVSKY MOKH**

L.V. Muraveva

Tver State University, Tver

The occurrence of peat fires in swamps is due to both the human factor and the unstable state of natural and anthropogenic complexes formed as a result of drainage and peat extraction. Fires reduce the thickness of the peat layer and promote secondary bogging.

Keywords: *vegetation indices, natural-anthropogenic complexes, peat fires*

Рукопись поступила в редакцию 10.02.2023

Рукопись принята к печати 17.02.2023