

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДАРБИНА – УОТСЕНА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВОЗГОРАНИЯ ТОРФЯНИКОВ

***Зверев А.П., Карнюшкин А.И.**

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России, г. Москва, e-mail: moizver62@mail.ru

Аннотация: в данной статье поднят вопрос о возможности возгорания торфяников. При этом сам процесс возгорания торфяников очень сложный и его сложность заключается в том, чтобы определить начальный момент возгорания. Решение данной задачи можно осуществить путем прокладки кабеля по периметру торфяника. В зависимости от размеров болота можно прокладывать кабель как одноконтурный, так многоконтурный. Стоит отметить, что расстояния между датчиками не должны превышать 100 метров. При этом стоит отметить, что на кабеле необходимо прикрепить через определенные промежутки датчики температуры и влажности. Наличие данных датчиков позволит производить контроль и получить температурный ряд, с помощью которого можно будет определять качественное состояние торфяника. В подтверждении данной проблемы стоит использовать критерий Дарбина – Уотсена. Данный критерий на основе температурного ряда позволит действительно получить автокорреляционную функцию, которая покажет тесноту взаимосвязи между элементами ряда, взятый нами с использованием случайной величины и полученными таким образом значениями. Вместе с этим также, установлено, что предложенное нами решение задачи по возгоранию торфяников является важным фактором недопущения ЧС природного характера.

Целью данной статьи является определение возможности возгорания торфяников в ближайшее время согласно температурного ряда, который позволит анализировать состояние внутри торфяника и соответственно предупредить разрастания возможных ЧС природного характера.

Ключевые слова: метод Дарбина – Уотсена, торфяные пожары, возгорание торфяников, температурный ряд, система контроля возгорания торфяников, автокорреляционная функция.

THE USE OF THE DARBIN–WATSEN METHOD TO CONTROL THE IGNITION OF PEAT BOGS

#Zverev A.P., Korniyushkin A.I.

Academy of State Fire Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, e-mail: moizver62@mail.ru

Abstract. This article raises the question of the possibility of peat bog fires. At the same time, the process of ignition of peat bogs is very complex and its difficulty lies in determining the initial moment of ignition. The solution to this problem can be achieved by laying a cable around the perimeter of the peat bog. Depending on the size of the swamp, it is possible to lay both single-circuit and multi-circuit cables. It is worth noting that the distances between the sensors should not exceed 100 meters. At the same time, it is worth noting that temperature and humidity sensors must be produced at certain intervals on the cable. The presence of these sensors will allow monitoring and obtaining a temperature range, with which it will be possible to determine the qualitative condition of the peat bog. To confirm this problem, it is worth using the Carbine–Watson criteria. This criterion, based on the temperature range, will really allow us to obtain an autocorrelation function, which will show the closeness of the relationship between the elements.

Keywords: Durbin–Watson method, peat fires, peat bog ignition, temperature range, peat bog ignition control system, autocorrelation function.

Введение. Торфяные пожары представляют собой разновидность лесных пожаров. В данном случае горит слой торфа, который является как известно полезным ископаемым [1,3,8]. Данный горючий материал представляет собой разложение остатков мха, он разлагается в условиях болот длительное время. По оценке Канадской энергетической компании Peat Resources

Россия занимает второе место в мире по запасам торфа (150 млрд. тонн) [1,2,5]. В летнее время года регистрируются многочисленные возгорания торфяников не только в Центральной России, но и в Уральском, Сибирском округах и других. Так рассматривая ситуацию, в 2021 году уже в октябре произошло возгорание торфяников в Екатеринбурге, в данном году горели торфяники на площади более

120 гектаров. В частности, в одном районе области был введен режим ЧС. В конце августа 2022 года в Рязанской, Владимирской, Ивановской, Нижегородской областях. Таким образом, рассматривая процессы возгорания торфяников стоит отметить, что не зависимо от времени года процесс возгорания торфяников происходит и как показывает практика ежегодно. Следовательно, целесообразно рассмотреть вопрос о том, возможно ли предсказать или определить, что торфяник начал гореть [8,10].

Постановка задачи и методика ее решения. Для примера рассмотрим Московскую область и приведем многолетние наблюдения за десятилетний период. Согласно многолетним наблюдениям на территории Московской области пожароопасный период начинается с середины апреля и длится до октября включительно. Как видно из приведенного графика торфяные пожары представлены красным цветом (рисунок 1).

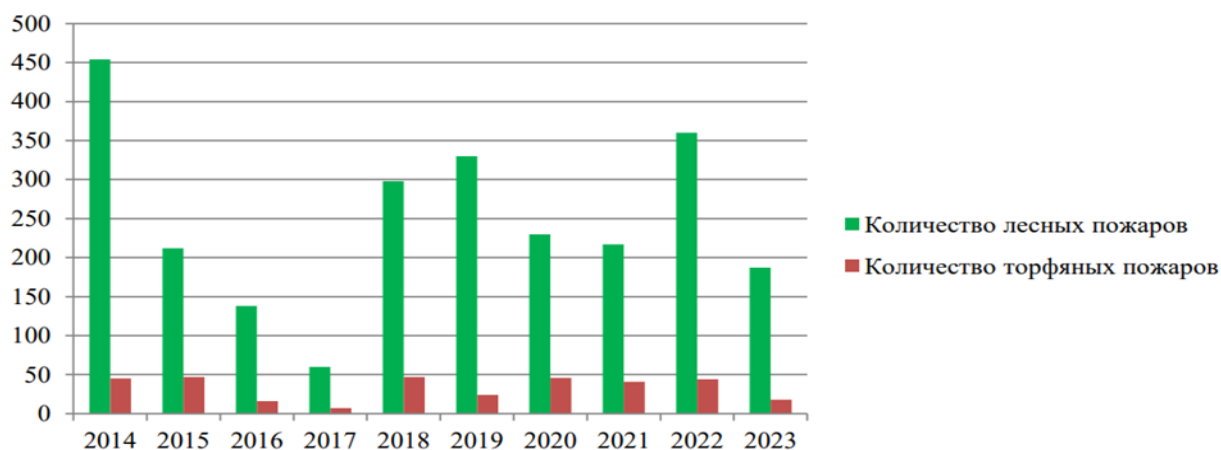


Рисунок 1. Анализ пожаров в Московской области

Мы можем заметить, что наибольшее количество горения торфяников было замечено в 2021 - 2023 году в пределах 50 гектаров. Максимальное количество ландшафтных пожаров было зафиксировано в Луховицком, Орехово – Зуевском, Шатурском районах, а также Егорьевском районе.

Как известно температура повышается внутри торфяника прежде, чем торфяник начнет гореть [6,7,9]. А если это так, то возможно построить температурный ряд. Он представляет собой последовательность какой – либо случайной величины в разные периоды времени. Следовательно, каждый уровень ряда y_i будет формироваться под действием различных факторов таких как циклические колебания, сезонные

колебания, случайные составляющие и др., для получения временного ряда необходимо иметь большое количество наблюдений. Однако на сегодняшний день это пока довольно сложно. Таким образом, на сегодня пока мы можем довольствоваться только сезонной компонентой. Циклическую компоненту температурного ряда пока никто не подсчитывал и не проводил исследования. На основании ранее изложенного стоит подчеркнуть, что для возгорания торфяников целесообразно рассматривать только сезонную компоненту. Среди существующих методов анализа временных рядов наиболее известен корреляционный спектральный анализ модели регрессии,

модели авторегрессии и скользящей средней.

Основной задачей эконометрического исследования временного ряда – является отыскание количественной оценки для компонент. Далее стоит остановиться на коэффициенте автокорреляции, а также методах его построения. Как известно автокорреляционная функция определяет последовательность коэффициентов автокорреляции первого, второго и последующих рядов, которые характеризуют тесноту линейной связи между последующими и предыдущими членами временного (в нашем случае температурного) ряда.

Таким образом, анализ корреляционной функции позволит вывить структуру самого ряда. Так если, довольно высоким оказался коэффициент автокорреляции первого порядка, то говорят о том, что исследуемый ряд содержит главную тенденцию. В случае, когда высоким оказался коэффициент корреляции порядка m , то ряд содержит циклические колебания с периодичностью в m – моментов времени. В случае, если ни один из коэффициентов автокорреляции не является значимым, то соответственно можно с высокой уверенностью сказать, что исследуемый ряд не содержит вообще ни каких колебаний.

Результаты. По коэффициентам корреляции судить только о наличии или отсутствии (линейной или близкой к линейной) зависимости. В том случае, если рассматриваемый ряд имеет сильную нелинейную тенденцию, коэффициент автокорреляции может и как правило приближается к нулю [12]. Для проверки ряда на наличие нелинейной тенденции, возможно произвести вычисление линейных коэффициентов автокорреляции временного ряда, который имеет в своей основе логарифмы исходных уровней. Полученные при данных вычислениях коэффициенты автокорреляции будут говорить о наличии нелинейной тенденции. Для доказательства данного фактора и проверки наличия

автокорреляции будем использовать критерий Дарбина – Уотсена.

В начале стоит остановиться на вопросе откуда же взять температурный ряд. Ответ на данный вопрос очень даже прост. Стоит для этого рассмотреть патент Зверев А.П., Зверев В.А. Способ обнаружения возгорания торфяников Авторское свидетельство на изобретение № 2744436 от 30.09.2019[2]. В данном патенте предлагается проложить кабель по периметру болота с прикрепленными датчиками температуры и влажности. Так вот съем информации с этих датчиков температуры нам и даст температурный ряд. Предположим, что температурный ряд имеет следующие значения 10,15,20,27,33,38,45,54⁰ С. Так как температура в средней полосе прогревается до 55⁰ С [2,5], тогда с учетом сказанного проведем вычисление коэффициентов автокорреляции временного ряда. Рассчитаем коэффициенты корреляции. Возможные значения данного критерия находятся в интервале (0 – 4).

Рассчитаем коэффициент корреляции на основе следующей формулы:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n ((y_t - \bar{y})(x_i - \bar{x}_i)^2)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_t - \bar{y})^2}} \cdot (1)$$

где: x_i – первая переменная, которая исследуется;

y_i – вторая переменная, подлежащая исследованию.

Тогда коэффициент автокорреляции первого порядка будет иметь следующий вид:

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)^2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)^2 \cdot \sum_{t=2}^n (y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}} \quad (2)$$

где:

$$\bar{y}_1 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=2}^n y_t \quad (3)$$

$$\bar{y}_2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=2}^n y_t - 1 \quad (4)$$

Рассмотрим далее пример на основе приведенного нами температурного ряда. Найти коэффициенты автокорреляции r_1 соответственно первого порядка, если известно, что температура внутри торфяника нарастает последовательно от 17 до 55⁰С (таблица 1).

Таблица 1. Расчет коэффициента автокорреляции первого порядка для временного ряда температуры торфяника

1	2	3	4	5	6	7	8
1	y_t	y_{t-1}	$y_t - \bar{y}_1$	$y_{t-1} - \bar{y}_2$	$(y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)$	$(y_t - \bar{y}_1)^2$	$(y_{t-1} - \bar{y}_2)^2$
1	10	-	-	-	-	-	-
2	15	10	-16,75	- 18,14	341,9	329,1	353,3
3	20	15	-9,75	- 13,14	181,9	172,7	191,8
4	27	20	-4,85	- 6,14	54,3	37,7	78,3
5	33	27	0,15	- 0,14	0,12	0,02	0,73
6	38	33	5,15	4,86	20,16	23,6	17,22
7	45	38	10,17	11,88	102,6	435,2	26, 1
8	54	45	16,15	20,86	336,9	280,8	167,4
Σ	242	234	0,02	-12,34	1043,9	0,0004	1153,5

$$r_1 = \frac{(1143,9)^2}{\sqrt{(1136,9)^2 \cdot (1153,5)^2}} = 0,98$$

Таким образом, коэффициент автокорреляции будет равен 0,98.

Далее стоит остановиться на вопросе о возможности существования корреляции между выбранными показателями температуры внутри торфяника (нами был выбран ряд от 10 °С и до 54 °С).

Далее для проверки наличия автокорреляции воспользуемся ранее рассмотренным критерием Дарбина – Уотсона:

$$d = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (Y_{t+1} - Y_t)^2}{\sum_{t=1}^{N-1} (Y_t)^2}$$

Таким образом, величина d – есть отношение суммы квадратов разностей последовательных значений остатков к остаточной сумме квадратов к модели регрессии.

Следовательно, можно констатировать, что при больших значениях переменной величины существует следующее соотношение между критерием Дарбина – Уотсона: d и коэффициентом корреляции остатков первого порядка:

$$d = 2(1 - r_1)$$

На основе ранее сказанного стоит сделать вывод о том, что автокорреляция всегда будет существовать, в том случае, когда $d \rightarrow 0$ и $r \approx 1$. В том случае когда $r \approx -1$ и $d = 4$, автокорреляция будет отрицательной. Тогда, когда $r \approx 0$, а $d = 2$, то автокорреляция отсутствует вообще. Рассчитаем коэффициент $d = 0,04$, а $r \approx 0,98$. Это означает наличие автокорреляции.

Заключение. Рассмотренный в статье вопрос о возгорании торфяников действительно имеет большое значение. Согласно данных ЗАГС Москвы смертность в период горения торфяников в 2010 году возросла практически в 1,5 раза. Проложенный по периметру болота кабель с прикрепленными датчиками температуры и влажности позволит производить контроль температуры и влажности внутри торфяника с одной стороны, так как горение торфяника происходит под землей, а с другой стороны данный кабель также позволит конкретизировать примерное место возгорание торфяника и определить направление и скорость горения торфяника.

Литература:

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019, 2020, 2021, 2022 гг.». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru>.
2. Патент № 2744436 С1 Российская Федерация, МПК G08B 23/00, G01K 13/10, G01K 11/32. Способ обнаружения возгорания торфяников: № 2019130733: заявл. 30.09.2019: опубл. 09.03.2021 / А. П. Зверев, В. А. Зверев. – EDN DHKWIT.
3. Возгорание торфяников в Тюменской и Костромской области в 2024г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yandex.ru/search/text>.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019662118 Российская Федерация. Программное средство для определения вероятности возгорания торфа: № 2019616736: заявл. 13.06.2019: опубл. 17.09.2019 / А. П. Зверев, М. А. Дерканосов, И. П. Рыбалко; заявитель Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ). – EDN GOIQFO.
5. A Supercomputer-Based Modeling System for Short-Term Prediction of Urban Surface Air Quality / A. V. Starchenko, E. A. Danilkin, S. A. Prokhanov [et al.] // Supercomputing Frontiers and Innovations. – 2022. – Vol. 9, No. 1. – P. 17-31. – DOI 10.14529/jsfi220102. – EDN ZNNUVM.
6. Witze A. The Arctic is burning like never before - and that's bad news for climate change. Nature. 2020 Sep; 585(7825): 336-337. doi: 10.1038/d41586-020-02568-y.
7. Торф: возгорание торфа, тушение торфяников и торфокомпозиты / Л. Б. Хорошавин, О. А. Медведев, В. А. Беляков [и др.]. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2013. – 256 с. – ISBN 978-5-93970-084-9. – EDN QIZUIR.
8. Акимов, В. А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие / В. А. Акимов, Ю. Л. Воробьев, М. И. Фалеев и др. - Москва: Абрис, 2012. - 592 с. - ISBN 978-5-4372-0049-0. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200490.html>.
9. Мокряк, А. В. Проблемы тлеющих торфяных пожаров в лесах и Арктике / А. В. Мокряк, А. Ю. Парийская // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 10-1(112). – С. 159-162. – DOI 10.23670/IRJ.2021.112.10.027. – EDN YEYYGQ.
10. Тихомиров Н.П., Дорохина Е.Ю.// Эконометрика: учебник. - 2-е изд., стереотип. - М.: Изд. «Экзамен», 2007. - 512 с.
11. Кремер Н. Ш. Эконометрика: учебник и практикум для вузов / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко; под редакцией Н. Ш. Кремера. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 308 с. Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/535528>.

Сведения об авторах:

Зверев А.П. (г. Москва, Россия), кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики; ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России, e-mail: moizver62@mail.ru.

Карнюшкин А.И. (г. Москва, Россия), кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой физики; ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России.

