

УДК 519.86

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Лисицын В.И., Камалова Н.С., Евсикова Н.Ю., Нагайцев В.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»

E-mail: rc@icmail.ru

Аннотация: Существующие методы оценки состояния деревьев имеют вербальный характер, а прогнозирование катастрофических ситуаций – стохастический. Развитие формальных моделей существенно замедляется отсутствием методов измерений характеристик состояния древесных растений с контролируемой точностью. Внедрение цифровых методов может способствовать разработке способов оценки состояния древесных растений с помощью электроизмерительных приборов. В данной статье предлагается метод определения изменений состояния деревьев по импульсам напряжения, формируемым в ксилеме стволов деревьев.

Ключевые слова: разность потенциалов, сигналы, прогнозирование пожаров, дифференцирующая RC цепь, флуктуации температуры, ксилема стволов, древесина, скорость высыхания.

TO THE QUESTION OF POSSIBILITIES OF DIGITAL TECHNOLOGIES WHEN
EVALUATING THE CONDITION OF WOOD PLANTS

Lisitsyn V.I., Kamalova N.S., Evsikova N.Yu, Nagaytsev V.M.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Voronezh State
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»

E-mail: rc@icmail.ru

Summary: The character of existing methods for estimating the state of trees is verbal, and forecasting of catastrophic situations is stochastic. The lack of methods for measuring the state characteristics of woody plants with controlled accuracy slows down the development of formal models significantly. The introduction of digital methods can contribute to the development of methods for estimating the state of woody plants using electrical measuring instruments. The article proposes a method for determining changes in the state of trees from voltage pulses formed in the xylem of tree trunks.

Keywords: potential difference, signals, fire forecasting, differentiating RC circuit, temperature fluctuations, trunk xylem, wood, drying speed.

Современные глобальные системы экологической безопасности основывают свои заключения на анализе динамики факторов окружающей среды (флуктуации температуры, влажности, частота выпадения осадков, степень загрязнения окружающей среды). Наиболее систематизированы экспериментальные данные в системах прогноза возникновения катастрофических ситуаций (например, пожаров) в лесных массивах. Наиболее популярен метод оценки динамики величины скорости высыхания поверхностного слоя эталонного горючего, который в канадской системе FWI и американской национальной системе оценки пожарной опасности (вначале NFDRS-72, затем NFDRS-78) основывает свои оценки на измерениях температуры и влажности воздуха в районе 12.00-13.00 часов дня, продолжительности периода без дождей, скорости ветра на высоте 10 м на открытом месте [1-5]. Российская система (система Нестерова) оценивает степень опасности на основе метеорологических данных или моделирует процесс сушки слоя горючих материалов на подстилающей поверхности, учитывает антропогенный фактор и воздействие сухих гроз [6-9].

Простой анализ показывает, что все современные системы, анализирующие состояние лесных массивов в реальном времени, моделируют динамику или степень высыхания в зависимости от значения факторов состояния окружающей среды. Попытки моделировать динамику влагосодержания в самих горючих материалах (например, древесине стволов деревьев) в зависимости от флуктуаций температуры окружающей среды практически отсутствуют.

В 80-ых годах прошлого века были попытки измерять влажность кернов с помощью СВЧ излучения, но особых результатов они не дали. Развитие цифровых технологий заставляет по-новому взглянуть на эту проблему. Если оценивать степень опасности возгорания по состоянию деревьев, то точность прогнозов будет базироваться на данных, определенных с некоторой количественной достоверностью. Кроме того, оценка состояния деревьев перестанет носить вербальный (описательный) характер, это будет способствовать развитию математических моделей таких сложных объектов, как лесные массивы. Поэтому разработка методов экспериментального измерения параметров состояния деревьев с контролируемой точностью станет решением проблемы точности систем прогноза катастрофических ситуаций. В данной статье предлагается метод определения изменения состояния деревьев по детерминируемому сигналу, формируемому в зависимости от разности потенциалов, возникающей в ксилеме вдоль радиуса ствола дерева.

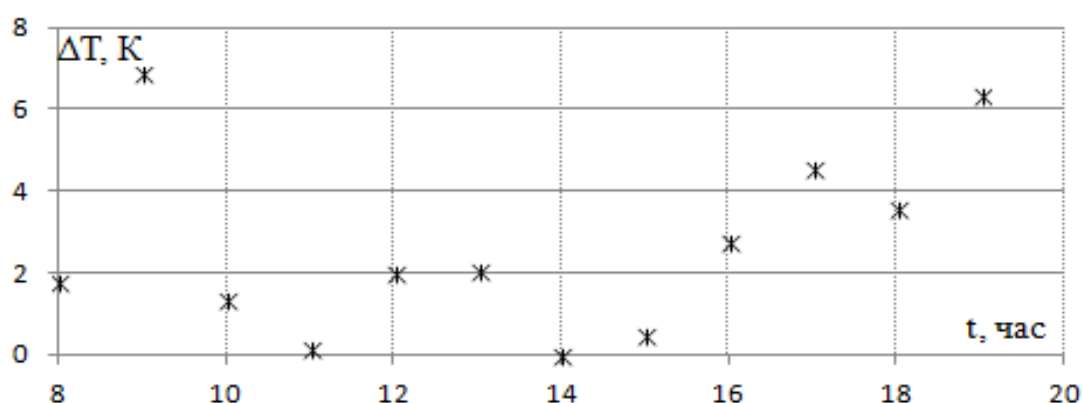


Рисунок 1 – Изменение температуры окружающей среды в течение времени наблюдения

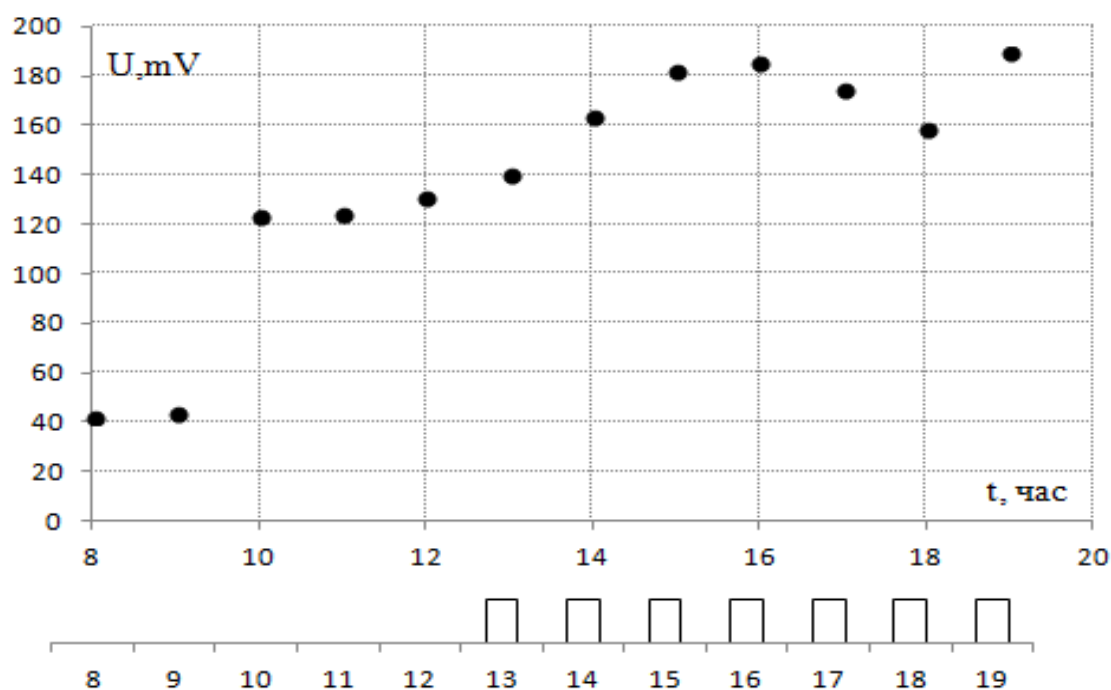


Рисунок 2 – Величина разности потенциалов вдоль радиуса ствола с течением времени

Принцип основывается на эмпирически полученном факте, что флуктуации температуры окружающей среды стимулируют формирование разности потенциалов вдоль радиуса ствола U_c . Причина формирования разности потенциалов обусловлена низкой теплопроводностью и пьезоэлектрическими и пироэлектрическими свойствами древесины [10-12].

Мониторинг включал в себя измерения разности потенциалов вдоль радиуса ствола деревьев лиственных пород семейств *Populus tremula* и *Betula pendula* в возрасте от 34 до 50 лет на территории Правобережного лесничества

учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ. Деревья произрастали в относительно одинаковых условиях. Методика измерений описана в работе [8]. Величина разности потенциалов коррелировала с изменениями температуры окружающей среды (рис. 1 и 2). Данные на рисунке 1 показывают, что разность потенциалов после 13-ти часов превышает среднее значение за время наблюдения. Поэтому результаты наблюдений могут быть заменены детерминированным сигналом, представленным на гистограмме (рис. 1). Поскольку в порах ксилемы стволов происходит движение ионов солей в водном растворе, то логично предположить, что изменения разности потенциалов вдоль радиуса ствола отразятся на разности потенциалов вдоль ствола.

Для проверки этого утверждения были проведены измерения разности потенциалов вдоль ствола у тех же особей. Измерения проводились между стальными электродами, которые были углублены в ствол на половину радиуса на высотах 1,3 м и 3,5 м от поверхности земли. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3. Выяснилось, что изменения температуры окружающей среды стимулируют формирование разности потенциалов вдоль ствола $U_R(t)$, зависимость которой от времени тоже носит пороговый характер.

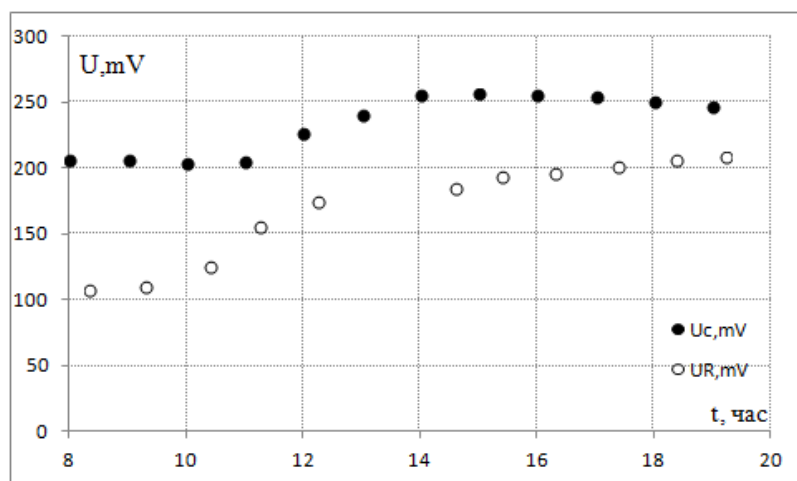


Рисунок 3 – Характерное изменение величины разности потенциалов вдоль ствола U_R и вдоль радиуса ствола U_C при изменении температуры окружающей среды (рис. 2)

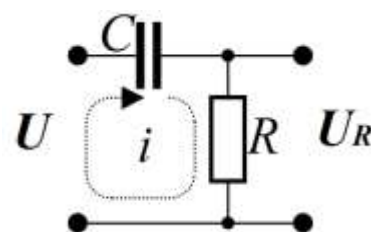


Рисунок 4 – Схема дифференцирующей RC-цепи

Причем плавный переход на более высокий уровень разности потенциалов происходит в том же интервале времени, что и у зависимости $U_C(t)$.

Следовательно, изменения температуры окружающей среды стимулируют формирование детерминированного выходного сигнала U_R так же, как в дифференцирующей RC-цепи (рис. 4). Таким образом, изменение тока ионов в

ксилеме стволов деревьев, вызванное флуктуацией температуры окружающей среды, отражается на детерминированном сигнале, формируемом на разности потенциалов вдоль радиуса ствола. Этот факт позволит поставить в соответствие состоянию горючих материалов в стволе деревьев цифровой сигнал, который может быть обработан с помощью цифрового датчика, параметры которого R и C зависят от влажности древесины. Таким образом, процесс наблюдения за степенью высыхания будет происходить с помощью цифровых приборов с контролируемой точностью.

Сигнал формируется непосредственно в ксилеме стволов деревьев. Поэтому характеризует изменение состояния деревьев в текущий момент времени. Величина выходного сигнала зависит от влажности и состава древесины ствола и является откликом ксилемы ствола на изменения температуры окружающей среды. Этот метод можно применить для мониторинга содержания влаги непосредственно в стволах деревьев, что значительно повысит точность прогнозирования катастрофических ситуаций в лесных массивах. Кроме того, сигнал можно передавать на значительные расстояния без специальных станций, поэтому использование этого явления может значительно сократить затраты на оснащение систем контроля катастрофических ситуаций в лесных насаждениях.

Исследования проведены в рамках гранта, выделенного ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет имени Г. Ф. Морозова» на проект «Разработка фундаментальной концепции методов измерения термополяризационных электрических полей в стволах древесных растений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Castelli, M. Predicting Burned Areas of Forest Fires: an Artificial Intelligence Approach / M. Castelli, L. Vanneschi, A. Popović // Fire Ecology. – 2015. – Vol. 11, Iss. 1. – P. 106-118. DOI : 10.4996/fireecology.1101106.

2 Nelson, Ralph M. Entrainment regimes and flame characteristics of wildland fires / Ralph M. Nelson, Bret W. David R. Butler, Weise // International Journal of Wildland Fire. – 2012. – № 21(2). – P. 127-140. URL : <http://dx.doi.org/10.1071/WF10034>. – Текст : электронный.

3 Perminov, V. Mathematical Modeling of Crown Forest Fire Spread / V. Perminov // Open Journal of Forestry. – 2012. – Vol. 2, № 1. – P. 17-22. URL : <http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2012.21003>. –Текст : электронный.

4 Morvan, D. Modeling of fire spread through a forest fuel bed using a multiphase formulation / D. Morvan, J. L. Dupuy // Combustion and Flame. – 2001. – Vol. 127, Iss. 1–2. – P. 1981-1994. DOI:10.1016/S0010-2180(01)00302-9.

5 Martell, D. L. A Markov Chain Model of Day to Day Changes in the Canadian Forest Fire Weather Index / D. L. Martell // International Journal of Wildland Fire. – 1999. – № 9(4). – P. 265-273. URL : <http://dx.doi.org/10.1071/WF00020>. – Текст : электронный.

6 Ильина, В. Н. Некоторые причины и итоги лесных пожаров на территории Европейской части Российской Федерации в 2010 году / В. Н. Ильина // Самарская Лука : проблемы региональной и глобальной экологии. 2012. – Т. 21, № 2. – С. 175-183

7 Софронова, Т. М. Оценка пожарной опасности по условиям погоды в горных лесах Южного Прибайкалья / Т. М. Софронова, А. В. Волокитина, М. А. Софронов // География и природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 74-80.

8 Гришин, А. М. Моделирование и прогноз экологических катастроф // Экологические системы и приборы. – 2001. – № 2. – С. 12-21.

9 Вонский, С. М. Определение природной пожарной опасности в лесу : методические рекомендации / С. М. Вонский, В. А. Жданко, В. И. Корбут. – Ленинград : ЛенНИИЛХ, 1981. – 52 с.

10 Оценка влияния флуктуаций температуры на пожаробезопасность лесных массивов / Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова, В. И. Лисицын, В. В. Саушкин // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2014. – № 3, Ч. 4 (8-4). – С. 69-72.

11 Термополяризационный механизм сокодвижения в период весеннего равноденствия / Н. Н. Матвеев, Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова, В. И. Лисицын // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 4, № 4 (16). – С. 26-36.

12 Гриднева, И. В. Исследование транспорта воды в стволах древесных растений методом математического моделирования / И. В. Гриднева, Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (44). – С. 58-64.