

УДК 53.072.172

ПРИНЦИП РАБОТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Бокарева Н.С., Евсикова Н.Ю., Матвеев Н.Н.

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

Email: rc@icmail.ru

Аннотация: Статья посвящена разработке фундаментальной концепции применения современных технологий к задаче оценки состояния древостоев. Приведены результаты измерения разности потенциалов в естественных условиях вдоль ствола дерева при плавных изменениях температуры окружающей среды. Выявлено, что контроль за состоянием древесных растений с помощью электроизмерительных приборов поможет выявить особенности процессов сокодвижения в ксилеме стволов деревьев.

Ключевые слова: древесные растения, состояние древостоев, электроизмерительные приборы, процесс сокодвижения, фундаментальная концепция.

PRINCIPLE OF WORK OF THE MEASURING DEVICE
OF THE STATE OF WOOD PLANTS

Bokareva N.S., Evsikova N.Yu., Matveev N.N.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova»

Email: rc@icmail.ru

Summary: The article is devoted to the development of a fundamental concept of applying modern technologies to the task of assessing the state of stands. The results of measuring the potential difference in natural conditions along the tree trunk with smooth changes in ambient temperature are presented. It was revealed that monitoring the state of woody plants using electrical measuring instruments will help to identify the features of sap flow processes in the xylem of tree trunks.

Keywords: woody plants, state of forest stands, electrical measuring instruments, sap flow process, fundamental concept.

Лесные массивы являются источником кислорода, обеспечивая условия для сохранения жизни на планете. При этом влияние таких факторов окружающей среды, как флуктуации температуры, влажности и концентрации различных веществ порой приводят к негативным последствиям для состояния древесных растений. Состояние приповерхностного слоя зависит от интенсивности поглощения влаги из почвы древесными растениями. Поэтому контроль за их состоянием фактически является необходимой мерой безопасности нашей жизнедеятельности. В большинстве существующих методик контроля за состоянием древесных растений применяется качественная поверхностная вербальная оценка. Полученные в результате наблюдения данные фрагментарны, слабо систематизированы. Цифровые технологии могли бы существенно изменить концепцию получения и формирования базы данных об отклике древесных растений на изменение внешних физических факторов. Статья посвящена разработке фундаментальной концепции применения современных технологий к задаче оценки состояния древостоев.

Использование такого инновационного подхода требует разработку специальной аппаратуры для исследования состояния объектов биологического происхождения с контролируемой точностью. Очевидно, что для внедрения цифровой технологии принцип работы аппаратуры должен базироваться на электрических измерениях. В работах [1-3] было доказано, что при изменении температуры окружающей среды в природной древесине возникают электрическое поле термического происхождения. Этот факт позволяет сформулировать принцип действия датчика для формирования электрического сигнала при отклике древостоев на изменение внешних факторов (таких как температура, влажность или изменение химического состава) [4-7].

Результаты измерения разности потенциалов в естественных условиях вдоль ствола дерева (рис. 1) при плавных изменениях температуры окружающей среды [3, 8, 9] прежде всего отличаются устойчивостью и зависимостью от жизнеспособности древостоя. Разность потенциалов в стволе жизнеспособной особи при изменении температуры окружающей среды стремится к стабилизации, что делает возможным использование электроизмерительных приборов для оценки состояния древостоя.

Кроме того термоэлектрические явления могут лежать в основе одного из механизмов транспорта растворов солей в ксилеме древесных растений [8-9]. В силу ограниченности вместимости пор скорость относительного изменения потока ионов солей dJ/Jdt в ксилеме ствола зависит от величины самого потока J .

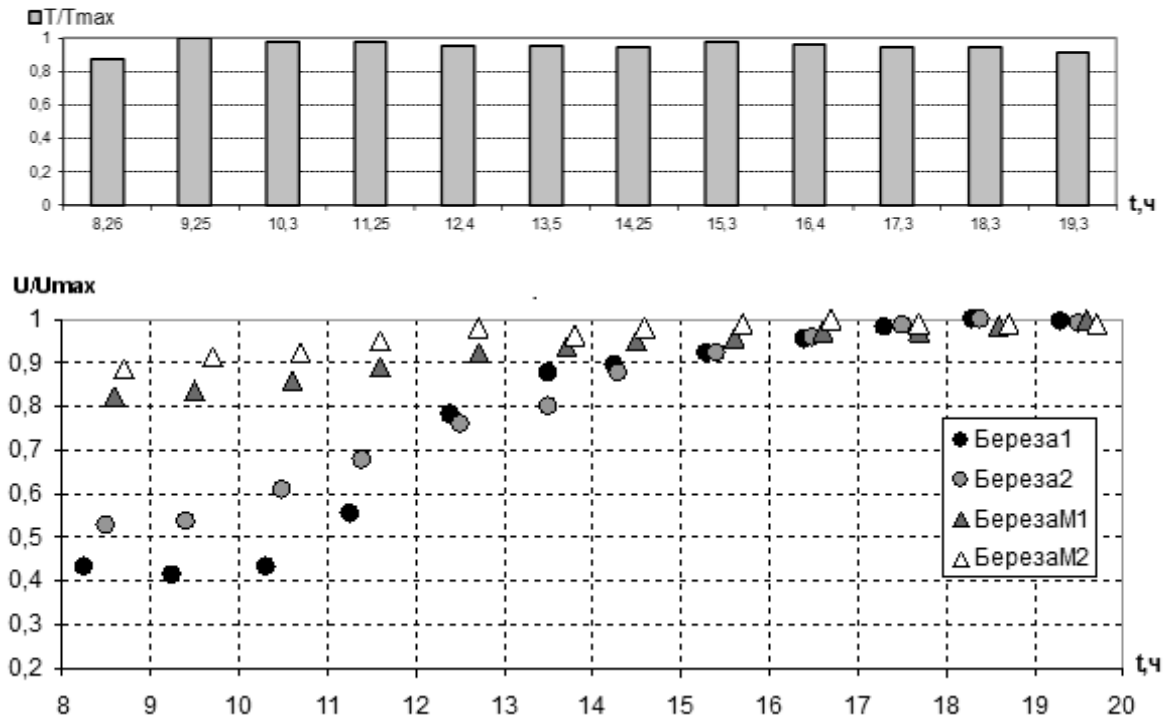


Рисунок 1 – Суточная динамика относительной температуры окружающей среды (T/T_{max}) и относительной разности потенциалов (U/U_{max}) вдоль ствола дерева между точками на высотах 1,3 и 3 м, расположенными на расстоянии $0,25R$ от оси в живых (Береза 1 и Береза 2) и мертвых (Береза M1, Береза M2) березах; R – радиус ствола дерева на высоте 1,3 м

В первом приближении с учетом данных эксперимента (пороговый характер исследуемых зависимостей U/U_{max}) эту зависимость можно моделировать, как линейную:

$$\frac{dJ}{Jdt} = \chi - \beta J, \quad (1)$$

где β – коэффициент, который характеризует вызванное изменением J изменение скорости χ относительного изменения потока. Решение дифференциального уравнения (1) находится аналитически:

$$\frac{J}{J_0} = \frac{e^{\chi t}}{1 + \chi J_0 (e^{\chi t} - 1) / \beta}. \quad (2)$$

Поскольку ионы солей обладают электрическим зарядом, то в омическом приближении можно с достаточной уверенностью предполагать, что относительная разность потенциалов, вызванная их направленным движением будет определяться соотношением:

$$\frac{U}{U_0} = \frac{e^{\chi t}}{1 + \beta J_0 (e^{\chi t} + 1) / \chi} \quad (3)$$

Как и результаты наблюдений соотношение (3) отличается пороговым характером. Причем время релаксации ($\tau = 1/\chi$) и отношение U/U_0 до изменения температуры зависят от состояния древостоя. Пороговый характер полученных модельных зависимостей предполагает измерение относительного изменения разности потенциалов вдоль ксилемы ствола при флуктуации температуры окружающего воздуха или падения уровня влагосодержания в стволе или изменении химического состава раствора солей в порах древесины ствола.

Похожий принцип используется при анализе флуктуаций температуры с помощью германиевого диода. В работе [4] показаны данные вычислительного эксперимента для вольт-амперной характеристики (ВАХ) и температурного коэффициента напряжения (ТКН) в схеме обратного включения для германиевого диода для различных температур (рис. 2).

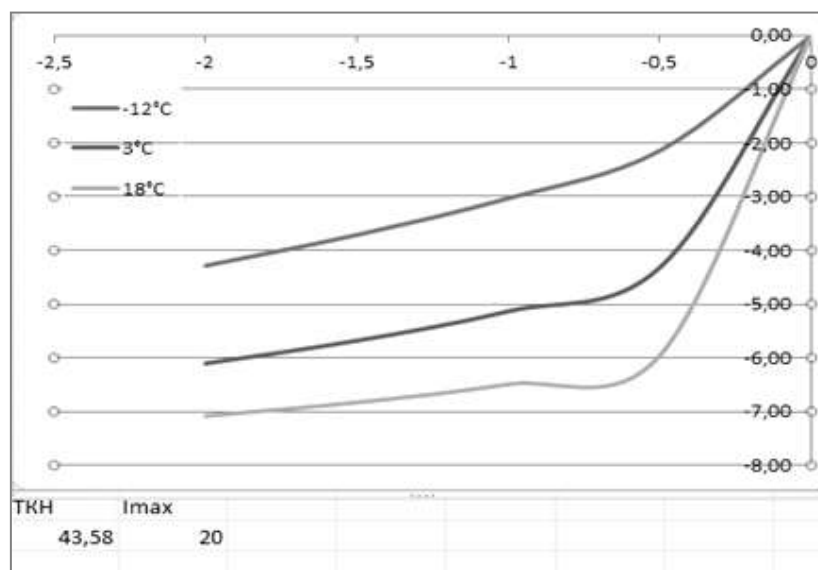


Рисунок 2 – Модельные ВАХ для германиевого диода, полученные в схеме обратного включения для различных температур

Все моделированные зависимости носят пороговый характер и стремятся к стабильному максимальному значению силы тока при предельном напряжении. Однако, величина максимума силы тока зависит от температуры. Подобным образом можно контролировать разность потенциалов в ксилеме древостоев, возникающую при отклике на изменение внешних физических факторов. Только оценка состояния древостоев при таких условиях будет базироваться на

непосредственном измерении разности потенциалов. Контроль за состоянием древесных растений с помощью электроизмерительных приборов поможет выявить особенности процессов сокодвижения в ксилеме стволов деревьев. Например, поверхностный сравнительный анализ экспериментальных кривых на рисунке 1 позволяет предположить, что величины χ и β зависят от жизненного состояния исследуемых особей.

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 Евсикова, Н. Ю. Поляризационные явления в высокомолекулярных биоконкомпозитах в неоднородном температурном поле. канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 / Фед. гос. бюджет. учреждение высш. проф. образования «Воронеж. гос. лесотехн. акад.». Воронеж, 2012. – 20 с.

2 Евсикова, Н. Ю. Вертикальная составляющая электрического поля термического происхождения в веществе древесины [Текст] / Н.Ю. Евсикова // Технология и оборудование деревообработки в 21 веке : межвузовский сборник научных трудов. Воронеж, 2008. – Вып. 4. – С. 32-35.

3 Матвеев, Н. Н. Разность потенциалов, возникающая в древесине при естественных перепадах температуры [Текст] / Н. Н. Матвеев, А. С. Сидоркин, Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова, В. И. Лисицын // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2016. – Т. 80. – № 9. – С. 1272-1274.

4 Лисицын, В. И., Ковалев, А. Н. Контроль за состоянием лесных массивов с помощью полупроводниковых приборов [Текст] / В. И. Лисицын, А. Н. Ковалев // Современные проблемы естествознания. инженерный анализ объектов обеспечения авиации : сборник статей по материалам II Межвузовской научно-практической конференции курсантов и слушателей «Молодёжные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина». Воронеж, – 2015. – Ч. 3. – С. 77-80.

5 Матвеев, Н. Н. Мониторинг распределения температуры при прогнозировании лесных пожаров [Текст] / Н. Н. Матвеев, Н. С. Камалова, Н.

Ю. Евсикова, В. И. Лисицын, // Лесотехнический журнал. – 2015. – Т 5 – № 4 (20). – С. 16-25.

6 Камалова, Н. С. Принципиальная схема усиления сигналов датчика температуры в стволах деревьев [Текст] / Н. С. Камалова, Н. Н. Панюшкин, Н. Ю. Юрьев, Н. Ю. Евсикова, // Экологические и биологические основы повышения продуктивности и устойчивости природных и искусственно возобновленных лесных экосистем: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию высшего лесного образования в г. Воронеж и ЦЧР России, 4-6 октября 2018 г. / науч. ред. С. С. Морковина ; Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова. Воронеж, 2018. – Т. 2. – С. 442-449.

7 Камалова, Н. С. Оценка экологической безопасности лесных массивов с помощью цифровых технологий [Текст] / Н. С. Камалова, В. И. Лисицын, Н. Ю. Евсикова, А. Ю. Лемешко // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. Воронеж, 2015. № 2. Ч. 2 (13-2). – С. 132-136.

8 Камалова, Н. С. Принцип работы перераспределения воды в природных системах [Текст] / Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова, А. Д. Ращупкин, А. Э. Косенко // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. Воронеж, 2018. – Т. 6. – № 4 (40). – С. 321-326.

9 Матвеев, Н. Н. Возможный механизм транспорта растворов солей в ксилеме древесных растений ранней весной [Текст] / Н. Н. Матвеев, А. А. Рычков, Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова // Экологические и биологические основы повышения продуктивности и устойчивости природных и искусственно возобновленных лесных экосистем : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию высшего лесного образования в г. Воронеж и ЦЧР России, 4-6 октября 2018 г. / науч. ред. С. С. Морковина ; Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова. Воронеж, 2018. – Т. 2. – С. 450-457.