

УДК 630.90

ДИГИТАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**Антонов А.М., Долинская И.С., Пастухова Н.О.***Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
Архангельск, e-mail: a.antonov@narfu.ru, hope203@yandex.ru*

Подробно описываются существующие методы научных исследований (микроскопический, гистохимический и информационный), связанные с определением анатомических и биометрических показателей и особенностей древесины, семян и побегов древесно-кустарниковой и травянистой растительности. В статье проводится анализ методов, описываются их положительные и отрицательные стороны и рассматривается необходимость в создании способа, который бы их объединил. Цель работы – разработать новую инновационную цифровую технологию с применением ее в разных областях науки, направленную на изучение древесины, ее качества, биометрических параметров семян и анатомических особенностей срезов побегов древесных пород. В статье подробно описывается разработанный инновационный способ получения научных данных с применением оптико-цифровой установки, а также возможность сравнения и применения результатов в научных исследованиях. Проведен сравнительный анализ оценки эффективности работы цифровой установки с существующей методикой, предложенной MarSTU. Установлено, что результаты, полученные на оптико-цифровой установке, отличаются минимальной долей погрешности, меньшим количеством затрат по времени на обработку материала, а сам метод отличается большей эффективностью, надежностью и высокой достоверностью результатов. Наглядно приводятся результаты исследований в виде цифрового изображения объекта и анализа полученных данных. Оптико-цифровая установка позволяет проводить измерения линейных и площадных параметров изучаемого объекта, сохранять результаты на электронном носителе, что обеспечивает возможность дальнейшей работы с ними. Разработанный цифровой метод позволяет существенно повысить качество измерений изучаемых показателей, скорость обработки информации и создать банк цифровых данных различных образцов по разным областям науки.

Ключевые слова: цифровые технологии, биометрические параметры древесины и семян, смоляные ходы, методы исследований

DIGITAL TECHNOLOGY IN RESEARCH**Antonov A.M., Dolinskaya I.S., Pastukhova N.O.***Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Arkhangelsk, e-mail: a.antonov@narfu.ru, hope203@yandex.ru*

In detail described the existing methods of research (microscopic, histochemical and information) associated with the definition of anatomical and biometric parameters and characteristics of wood, seeds and shoots of trees and shrubs and herbaceous vegetation. Described the analysis methods by their positive and negative sides, and addresses the need for a method that would unite them. Purpose – to develop new and innovative digital technologies with the use of it in various fields of science, aimed at the study of wood, its quality, biometric seeds and anatomical features sections shoots of trees. In article in detail describes developed an innovative way to obtain scientific data using optical-digital installation, as well as the possibility of comparing and applying the results of scientific research. Described a comparative analysis of the performance evaluation of digital installation with existing methodology proposed MarSTU. It was found that the results obtained in the optical-digital setting different minimum share of errors, less time spent on processing the material, and the method itself is more efficient, reliable and high confidence results. Presented the results of research in the form of a digital image of the object and analysis of the data obtained. Optical – digital setting allows measurement of linear and area parameters of the studied object, save the results on electronic media, enabling further work with them. Designed by digital method can significantly improve the quality of measurements of the studied parameters, speed of information processing, and to create a bank of digital data of different samples in different areas of science.

Keywords: digital technology, biometric parameters of wood and seeds, moves of resin, research methods

В существующей научной практике для определения анатомических и биометрических показателей древесины, семян и побегов хвойных и лиственных пород применяются микроскопический, гистохимический и информационный методы. Микроскопический метод (метод оптической микроскопии) позволяет изучить строение выбранных объектов. Заключается в изготовлении очень тонких, прозрачных срезов и их исследовании в проходящем свете с помощью оптического микроскопа. Гистохимический метод основан на способности древесного волокна давать определенную окраску при

взаимодействии специфических химических реагентов с каким-либо компонентом клеточной стенки. Информационный метод позволяет применять ЭВМ для обработки материала и создания баз данных, что дает возможность наглядного построения моделей исследования [7].

Изучение анатомии древесины в растущем дереве, без нанесения ему вреда и, как следствие, оценка динамики процесса жизнедеятельности и экологического состояния насаждения, возможно путем использования образцов древесины – кернов, отражающих в своем строении весь жизненный

цикл дерева. Наиболее отработанным на сегодняшний день микроскопическим методом изучения кернов является применение микроскопа типа МБС. Методика работы с прибором достаточно проста, но трудоемка. Перемещение объекта исследования (керна) по предметному столу осуществляется вручную, результаты полученных измерений сложно объединять и сравнивать, приходится вводить их в компьютер и обрабатывать известным, но уже достаточно рутинным способом. На точность измерения элементов древесины по этой методике влияет множество субъективных факторов, основным из которых является сам оператор, который субъективно определяет границу между ранней и поздней зоной древесины на образцах кернов, что соответственно отражается на результатах исследований. При оперативном перемещении керна по предметному столу возможен сбой базовой отметки, вызывающий необходимость повторного измерения.

Для исследования элементов макро-структуры древесины применяют и другие приборы: микроскоп Амслера, АДДО-Х модель 2, ИСК-2М, телевизионный и компьютерный микродендрометр и др. [6]. Основным недостатком существующих систем является отсутствие эффективности информационного метода. Результаты измерений выводятся из памяти запоминающего устройства на бумажный носитель, что вызывает необходимость при дальнейшей работе вновь вводить их в компьютер и обрабатывать результаты традиционным способом. Изображение керна не сохраняется, а повторное исследование этих образцов практически невозможно. Схожие проблемы могут возникнуть при изучении параметров смоляных ходов хвойных пород, при определении биометрических показателей семян и при изучении анатомических особенностей срезов побегов древесных растений. В связи с этим наиболее перспективным направлением в научных исследованиях является разработка дигитального метода (цифрового), который объединил бы уже существующие способы. Этот метод позволит работать с цифровым изображением исследуемого объекта на современном инновационном уровне и повысит точность измерений. Возможности применения дигитальных технологий многогранны, их можно применять во многих областях науки, что существенно облегчает работу в сфере исследований.

Цель работы – разработать новую инновационную технологию для упрощения и повышения точности результатов научных исследований в изучении элементов микро- и макро-структуры древесины, а также применить данную технологию в семеноводстве и в изучении анатомических особенностей срезов побегов различных древесных пород с использованием гистохимического метода анализа древесины.

Для достижения поставленной цели была разработана экспериментальная система измерения, состоящая из оптико-дигитальной установки и компьютерной программы «Измеритель» (Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007611593), позволяющая повысить точность измерения изучаемых элементов, снизить трудоемкость процесса, сохранять и архивировать результаты исследований, создавать базы данных изображений объектов для последующих исследований независимо от времени и без сохранения натуральных образцов [1].

Дигитальная технология. Разработанная нами оптико-дигитальная установка предназначалась для изучения макро- и микро-строения древесины, но, как показывает практика научных исследований, она может применяться и в других областях: для определения качества обработки поверхности древесины, для изучения параметров смоляных ходов анатомического строения ствола дерева, для определения качества швов клеевых соединений, при определении биометрических показателей семян в селекционных исследованиях, для изучения анатомических особенностей срезов побегов различных древесных и кустарниковых пород и во многих других областях научно-исследовательской деятельности, в том числе в учебном процессе.

Работа с полученными изображениями элементов исследования, их сохранение, преобразование и измерение проводятся при помощи, разработанной для дигитального устройства программы «Измеритель», которая является одной из ключевых составляющих системы. Алгоритм работы программы показан на рис. 1.

Программа «Измеритель» позволяет: сохранять изображения образцов без потери качества, сопровождая каждое изображение необходимым количеством поясняющей текстовой и визуальной информации; повышать уровень документирования результатов анализа; проводить по полученному изображению анализ элементов, измерение

линейных и площадных параметров; сравнивать в процессе анализа полученное изображение образца с эталонным; проводить демонстрацию для группы наблюдателей.



Рис. 1. Алгоритм работы программы «Измеритель»

Для оценки работы программы «Измеритель» был проведен сравнительный анализ результатов измерения ранних и поздних зон древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на стандартных образцах 20×20×30 мм. Измерение зон проводилось по стандартной методике на микроскопе Амслера, затем параметры были определены на цифровой установке. Результаты наблюдений обработаны статистически и определены отклонения от стандартной методики. Достоверность результатов цифрового метода составила 96%, точность опыта – 1%, тогда как достоверность по стандартной методике не превысила 80%. Также для оценки эффективности программы проведен сравнительный анализ с методикой предложенной МарГТУ (таблица) [4]. При равных условиях и рассмотрении одних и тех же показателей исследования цифровой метод

оказался более эффективным и надежным, с минимальной долей погрешности результатов и с меньшим количеством затрат во времени на обработку изучаемых образцов.

Помимо определения анатомических особенностей древесины хвойных и лиственных пород другой областью применения оптико-дигитальной установки является измерение биометрических показателей семян древесно-кустарниковой и травянистой растительности. Измерения проводились на примере семян одуванчика (лат. *Taraxacum*), с целью определения их биометрических показателей (рис. 2). Длина семени одуванчика составила 3,7 мм, ширина 0,58 мм. Результаты исследований также сохранялись в приложении Microsoft Excel где осуществлялся дальнейший расчет показателей.

Гистохимические методы, которые используются для анализа морозостойкости древесных пород и при изучении вертикальных смоляных ходов анатомии древесины, подразумевают анализ материала по наличию, интенсивности и локализации окраски слоев среза древесины различными препаратами, которые раскрывают анатомическое строение древесно-кустарниковой и травянистой растительности [2, 3, 5]. Дигитальная установка помогает получить результат в виде цифровых изображений, без сохранения натурального образца с помощью фиксирующих препаратов и без последующего повторного его изучения, что существенно облегчает работу при сравнении результатов большого количества повторностей, собранных в различные фазы вегетационного периода (рис. 3). С помощью программы «Измеритель» возможно измерение ширины слоев срезов древесины или побегов, а также биометрических показателей смоляных ходов хвойных пород. При изучении смоляной системы в качестве рабочего материала выступают керны. В результате прокрашивания (перманганатом калия) слоев древесины вертикальные смоляные ходы, находящиеся в поздней зоне годового слоя, становятся более заметными (в виде белых точек) (рис. 4). КERN исследуемой древесной породы помещается на предметный стол микроскопа в специальный держатель (суппорт), и в результате фотографирования его цифровое изображение загружается в программу «Измеритель», где проводится замер параметров смоляных ходов с точностью ±0,1 мм в полуавтоматическом режиме. После чего данные исследований также сохраняют в excel-файле, что позволяет работать с ними в дальнейшем.

Сравнительный анализ методики разработанной в МарГТУ, и дигитального метода

Показатели	Микродендрометр (МарГТУ)	Дигитальный метод
Измеряемые показатели	Длина образца, (мм); Средняя ширина годичного слоя, (мм); Число годичных слоев в 1 см (шт.); Процент поздней древесины (%); Количество годичных слоев (шт.)	Длина образца, (мм); Средняя ширина годичного слоя, (мм); Число годичных слоев в 1 см (шт.); Процент поздней древесины (%); Количество годичных слоев (шт.); Все значения ранних и поздних зон (мм); Количество смоляных ходов и их размеры
Вывод результатов	На экран монитора На бумажный носитель	На экран монитора, McExcel, на бумажный носитель
Измерения проводятся	На натурном образце при увеличении $\times 6$ или $\times 8$	На цифровом изображении образца при увеличении от $\times 8$ до $\times 56$
Время обработки образца длиной 3 см	2 минуты	1 минута 13 секунд
Погрешность	3,1–10%	1,0–5,0%
Установление границ зон	Оператор	Оператор
Определение ранней или поздней зоны	Вручную при помощи переключения тумблера в положение «РАН» или «ПОЗ»	Автоматически при проведении измерений
Проведение повторных исследований	Необходимо вновь исследовать натурный образец	Загрузка сохраненного цифрового изображения керна
Отрицательные стороны повторного исследования	У образца может измениться влажность, цвет. Образец может быть утерян или поврежден	Нет



Рис. 2. Измерение биометрических показателей семян сорных растений (одуванчика) программой «Измеритель»

Таким образом, разработанный дигитальный метод позволяет существенно повысить качество измерений изучаемых объектов, скорость обработки информации и создать банк цифровых данных различных

образцов. Он может широко применяться при проведении научных исследований в различных областях лесного хозяйства, в селекции и семеноводстве, а также в учебном процессе.



Рис. 3. Гистохимические анализы поперечных срезов побегов текущего года древесных растений, сделанные на оптико-дигитальной установке для выявления:
1 – кутина в *Forsythia × intermedia* Zabel.; 2 – суберина в *Quercus robur* L.;
3 – лигнина компонента М в *Populus balsamifera* L.; 4 – лигнина компонента Ф в *Picea pungens* f. *glauca* Regel

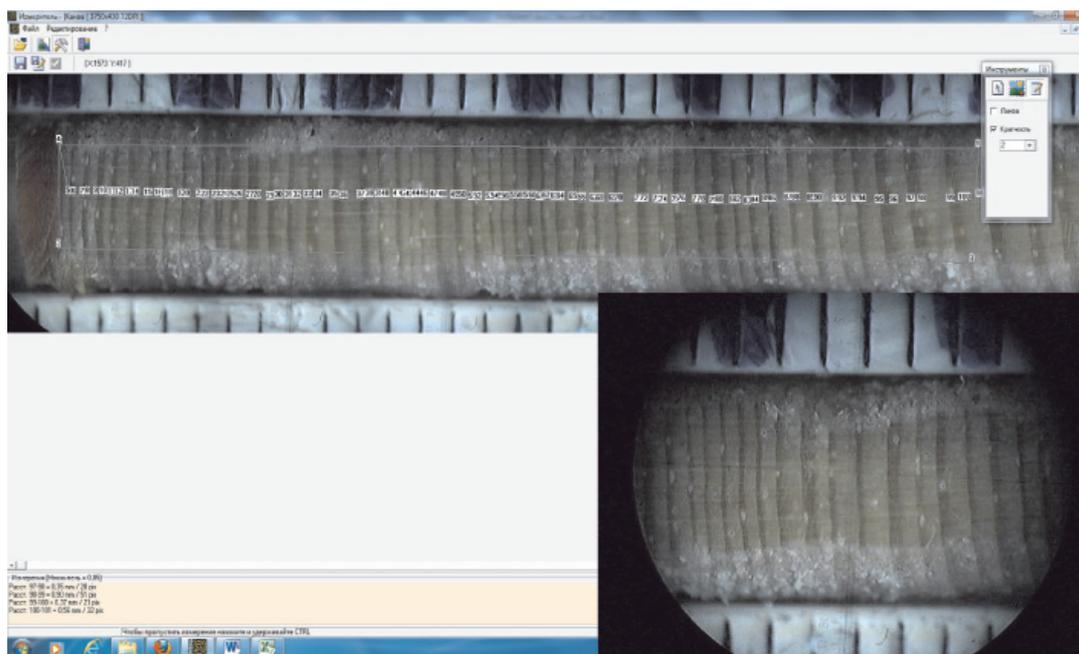


Рис. 4. Расчет рабочей поверхности среза ядра в программе «Измеритель»

Выводы

1. Разработана специализированная экспериментальная оптико-дигитальная установка для изучения строения и качества древесины, биометрических показателей семян и срезов древесно-кустарниковой и травянистой растительности.

2. Оптико-дигитальная система позволяет существенно облегчить и повысить точность измерений изучаемого объекта, архивировать результаты наблюдений, создавать базы данных для древесиноведческих, дендрохронологических, селекционных и экологических исследований без сохранения натуральных образцов и сравнивать результаты новейших научных исследований с ретроспективными.

3. Достоверность результатов исследований с применением дигитального метода, при изучении макроструктуры древесины, составляет 96 %.

4. Точность измерений смоляных ходов хвойных пород на оптико-дигитальной установке $\pm 0,1$ мм.

Список литературы

1. Антонов А.М., Бабич Н.А., Коновалов Д.Ю., Мелехов В.И., Мосеев А.Л. Дигитальный метод изучения строения древесины // Известие высших учебных заведений «Лесной журнал». – 2007. – № 2. – С. 123–128.
2. Барская Е.И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений. – М.: Наука, 1967. – 224 с.
3. Барыкина Р.П. Справочник по ботанической микро-технике, основы и методы. Издательство московского университета. – М., 2004. – 313 с.
4. Колесникова А.А. Исследование свойств древесины по ядрам: Научное издание. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 178 с.
5. Кондратьева Г.К. Методы фармакогностического анализа: макроскопия и микроскопия: учебное пособие для подготовки студентов к курсовому и государственному экзаменам по фармакогнозии. – Владивосток, Владивостокский Государственный медицинский университет, 2005. – 55 с.
6. Столяров Д.П., Полубояринов О.И., Декатов А.А. Использование ядер древесины в лесоводственных исследованиях: методические рекомендации. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1988. – 43 с.
7. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для лесотехнических вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МГУЛ, 2002. – 340 с.