

Н.Г. Кокодий<sup>1,2</sup>, А.И. Попов<sup>1</sup>, М.В. Кайдаш<sup>2</sup>, В.А. Тиманюк<sup>2</sup>, С.И. Решетченко<sup>1</sup><sup>1</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков, Украина<sup>2</sup>Национальный фармацевтический университет, Харьков, Украина

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ ГОДОВЫХ КОЛЕЦ ДЕРЕВА

*The method of measurement of tree annual rings and processing the information by computer is proposed. The digital camera and imaging programs are using. This is made the analysis of several trees, the results are comparing with data on climate over the past years. The forecast weather conditions in the next few years is made.*

**Ключевые слова:** дерево, годовые кольца, математическое моделирование, компьютерный анализ.

### Введение

Годовые кольца растений — это зоны прироста древесины, вызванные сезонной периодичностью — сменой теплого и холодного времен года, наличием влажных и сухих периодов погоды. Они хорошо различимы на поперечных разрезах ствола, ветвей и корней древесных растений в виде не совсем правильных колец.

Ширина годовых колец изменчива. Температура, количество выпавших осадков, число солнечных дней, режим окрестных водоемов, нападение насекомых-вредителей — все эти причины либо способствуют росту дерева, либо приостанавливают его. На толщину ежегодного прироста влияют и внутренние биологические силы — возраст растения, периодичность, с которой оно плодоносит, сила плодоношения в нынешний год, а также интенсивность питания и обмена веществ.

По количеству годовых колец на спиле дерева можно судить о возрасте дерева, можно сделать вывод о темпах роста дерева и условиях его жизни [1].

Существуют различные методы подсчета колец и измерения их ширины [2]:

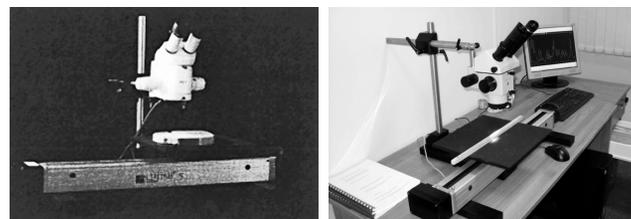
1. визуальный ручной метод (рис. 1);
2. микроскопический метод;
3. просвечивание электронным пучком;
4. просвечивание рентгеновскими лучами;
5. электромеханический метод (по поверхности среза движется игла, колебания которой воспроизводят неровности на поверхности дерева);
6. фотометрический метод.



Рис. 1. Визуальный метод измерения годовых колец дерева

Все они очень трудоемкие, а некоторые (методы 3–5) требуют использования сложной и дорогостоящей аппаратуры.

Есть приборы, которые частично автоматизируют процесс измерений (рис. 2):



а)

б)

Рис. 2. Полуавтоматические приборы: а — ЛИНТАБ, б — RINNTECH

Это измерительные микроскопы, связанные с компьютерами. Поэтому процесс регистрации результатов измерений значительно упрощается, но сами измерения проводятся вручную — наведением под микроскопом визира на границы колец.

Авторами предлагается для измерения размеров годовых колец дерева и их анализа использовать цифровую фотокамеру и компьютерные программы обработки результатов эксперимента.

Алгоритм измерений и обработки результатов следующий:

1. Цифровым фотоаппаратом делается снимок среза дерева.
2. С помощью математической программы формируется двумерная числовая матрица, характеризующая изображение.
3. Выделяется столбец или строка матрицы, описывающие распределение интенсивности изображения вдоль радиуса ствола дерева.
4. Определяются координаты максимумов (минимумов) интенсивности, соответствующие годовым кольцам.
5. Вычисляется ширина годовых колец. Строится график зависимости ширины колец от времени.

6. Сравниваются графики ширины колец, температуры среды, количества осадков. Определяются климатические характеристики исследуемого временного интервала (изменения температуры, влажности и т. д.).

7. Делается прогноз дальнейших изменений климата в контролируемом регионе.

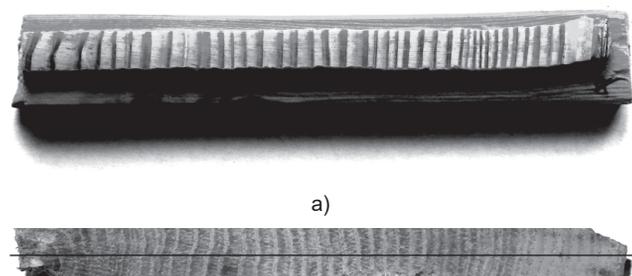
### Измерения

На рис. 3 показаны фотографии двух срезов деревьев в виде дисков, на рис. 4 — в виде кернов, сделанных с помощью специальных буров.



а) б)

Рис. 3. Срезы деревьев: а — сосна, б — дуб



а)

б)

Рис. 4. Керны: а — сосна, б — дуб

Файлы с изображениями срезов вводились в компьютер с помощью команды READPMR программы MATHCAD. При этом формировалась матрица со значениями элементов от 0 до 255, пропорциональными яркости изображения. Часть матрицы фотографии сосны показана на рис. 5.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	179	178	179	181	183	180	179	179	177	176
1	178	179	178	179	181	178	180	181	177	178
2	178	178	176	180	182	178	179	179	177	178
3	180	176	178	182	184	181	179	177	175	176
4	180	176	178	175	167	160	159	161	160	161
5	160	156	154	144	132	127	125	133	141	141
6	119	124	130	119	108	109	104	108	117	123
7	111	108	115	111	100	102	101	96	104	128
8	111	102	102	106	105	105	103	104	124	136
9	114	109	103	105	106	101	101	120	140	129
10	127	125	115	103	101	95	104	130	140	122
11	130	129	122	110	101	97	110	132	135	118
12	130	135	132	115	105	108	118	131	130	119
13	131	131	133	118	107	114	122	131	128	119
14	131	129	134	124	110	115	121	131	129	118
15	127	132	139	128	115	112	117	127	125	...

Рис. 5. Матрица значений яркости изображения среза

На рис. 6 показан график распределения яркости изображения вдоль радиуса среза (синяя кривая). Хорошо видны участки годовых колец и их соответствие изображению, показанному внизу. Красная кривая — это производная от синей кривой. Она более удобна для дальнейшего анализа. В ней резко выделяются узкие пики, соответствующие границам годовых колец.

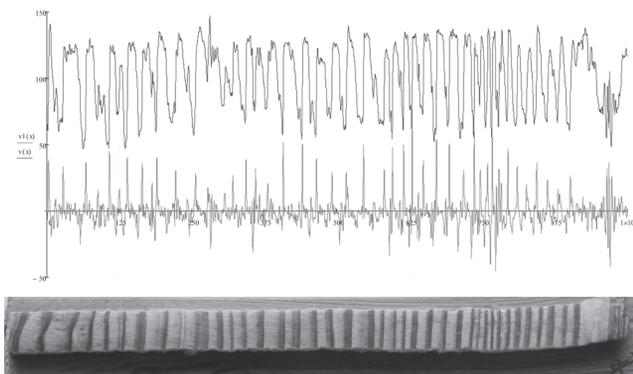


Рис. 6. Годовые кольца (сосна), оцифрованное изображение среза

На рис. 7 линией с кружками показано, как менялась ширина годовых колец сосны (в миллиметрах) в период с 1965 по 2007 годы. Видно постепенное уменьшение ширины колец с увеличением возраста, свойственное для всех деревьев, и различные значения ширины колец в разные годы, что обусловлено различием погодных условий — температурой, количеством осадков и т. д. Тенденция к уменьшению ширины колец с возрастом отражена сплошной кривой, полученной при помощи функции сглаживания SMOOTH программы MATHCAD.

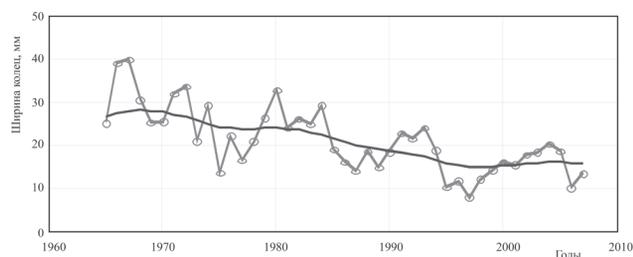


Рис. 7. Изменение ширины годовых колец со временем

В практике обработки годовых колец деревьев используется параметр ИНДЕКС РОСТА, определяемый как отношение действительной ширины кольца в данном году к ширине кольца по сглаженной кривой. Он исключает влияние тенденции к уменьшению ширины колец с возрастом дерева. Такой график показан на рис. 8. На нем видно, что есть некоторая корреляция с температурой летних месяцев. Так, ширина колец в 1972, 1975, 1981, 1986, 1989 годах, когда в Харькове наблюдались очень высокие летние температуры, ширина колец меньше, чем в другие годы. Однако, корреляция не очень сильная. По-видимому, сказывается влияние и других факторов — количества осадков, расположения исследуемого дерева (около водоема или вдали от него и др.).

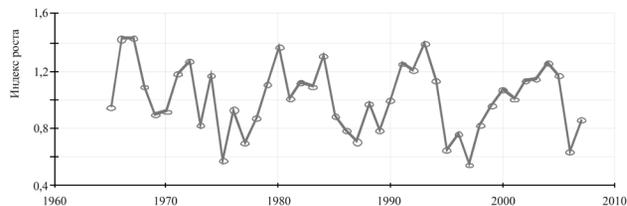


Рис. 8. Индекс роста сосны

Очень важная проблема, возникающая при анализе среза деревьев, — возможность прогноза на последующие годы. Так или иначе это рассматривается в работах многих исследователей [3, 4]. Для этого используются различные методы — спектральный анализ данных, корреляционный анализ и др. В нашей работе испытан метод прогноза, заложенный в программу MATCAD, где он реализован с помощью команды PREDICT. Для проверки возможности его использования был проведен численный эксперимент. Взяты данные о ширине годовых колец дерева за 25 лет (толстая линия с кружками на рис. 9). На основе этих данных с помощью команды PREDICT был сделан прогноз о ходе кривой в последующие 14 лет (тонкая линия с ромбиками). Ход ее сравнивался с действительным ходом кривой (толстая линия без символов).

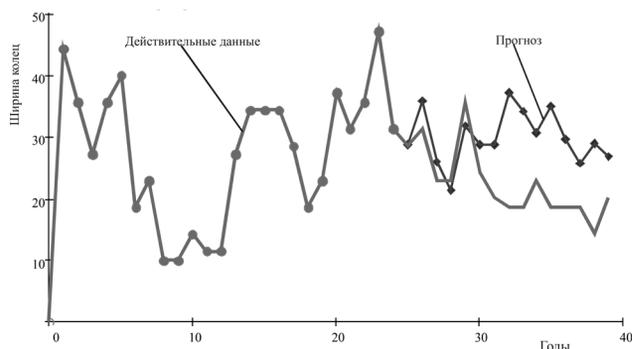


Рис. 9. Экстраполяция данных командой PREDICT

Видно, что прогноз хорошо согласуется с действительным ходом кривой в течение первых

5 лет, после чего согласие отсутствует. Так что такая методика прогноза может более-менее успешно использоваться для предсказания на несколько ближайших лет. Впрочем, это относится и к другим методам прогноза.

### Заключение

Предложен метод анализа годовых колец дерева с использованием цифрового фотоаппарата для фиксации картины колец и компьютерных программ для обработки полученного изображения.

Дальнейшая задача — анализ полученных данных — изучение связи ширины колец с условиями жизни дерева (температурой, количеством осадков) в те промежутки времени, за которые эти данные известны. На основании этих данных — интерполяция их на те интервалы, где они неизвестны, и экстраполяция данных на будущее.

Это отдельная проблема, для решения которой необходимо использование современных средств математики и вычислительной техники.

### Список литературы

- [1] Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 172 с.
- [2] Матвеев С. М., Румянцев Д. Е. Дендрохронология. Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2013. — 140 с.
- [3] Ковалев П. В. Разработка теории и методики прогноза развития природных и антропогенных процессов // Отчет по НИР ХГУ № 5–17, 1990. — 136 с.
- [4] Ботыгин И. А., Попов В. Н., Тартаковский В. А. Математические модели в задачах обработки дендроэкологических данных // Известия Томского политехнического университета. — 2011. — Т. 319, № 5. — С. 118–122.