

**Новые возможности автоматизированного
гистометрического анализа годовых колец в
дендроклиматических исследованиях**

Е.Ваганов, Е.Бабушкина

Сибирский федеральный университет

Исследование поддержано грантом РФФИ 19-04-00274А

Структура доклада

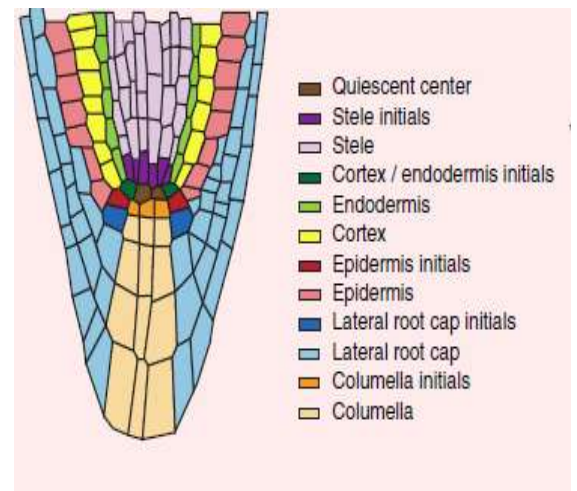
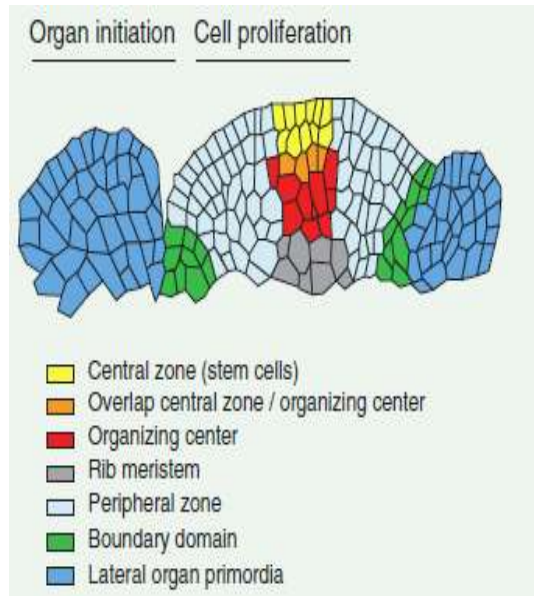
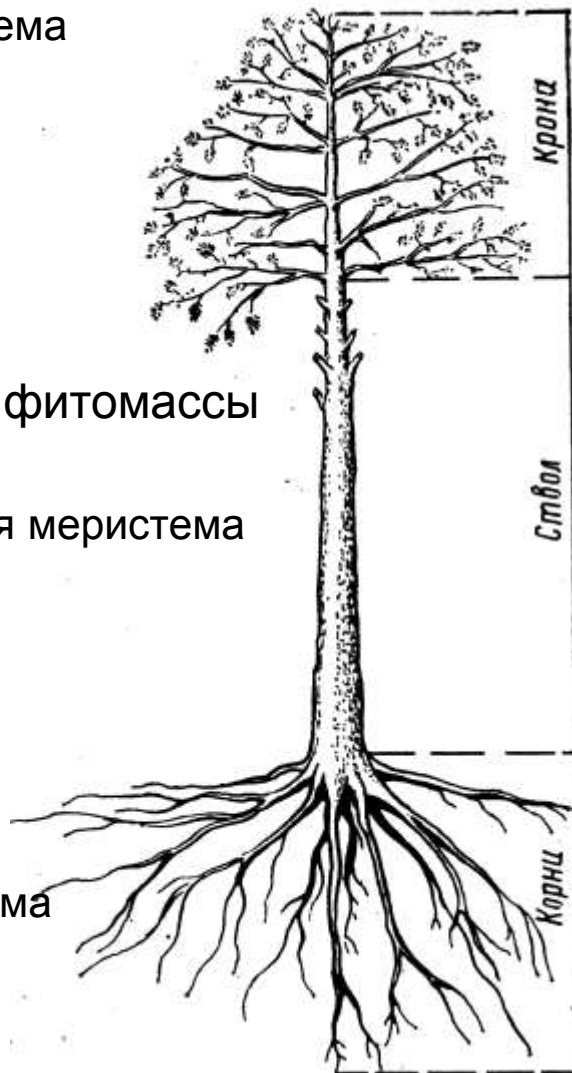
1. Задача – обеспечить прецизионные, массовые и относительно быстрые измерения базовых характеристик анатомии годичных колец.
2. Текущее приборное решение.
3. Примеры и некоторые результаты.
4. Трахеидограммы годичных колец – перспективный объект.
5. Сочетание внешнего и внутреннего контроля сезонного роста – отражение в анатомии годичных колец.
6. Перспективы в анализе влияния климатических факторов на рост древесных растений с высоким временным разрешением.
7. Комплексный анализ структуры и химии годичных колец.
8. Начинающийся этап в цифровой анатомии годичных колец.
9. Что мы можем, чтобы не быть отстающими.

Апикальная меристема
(shoot apex)

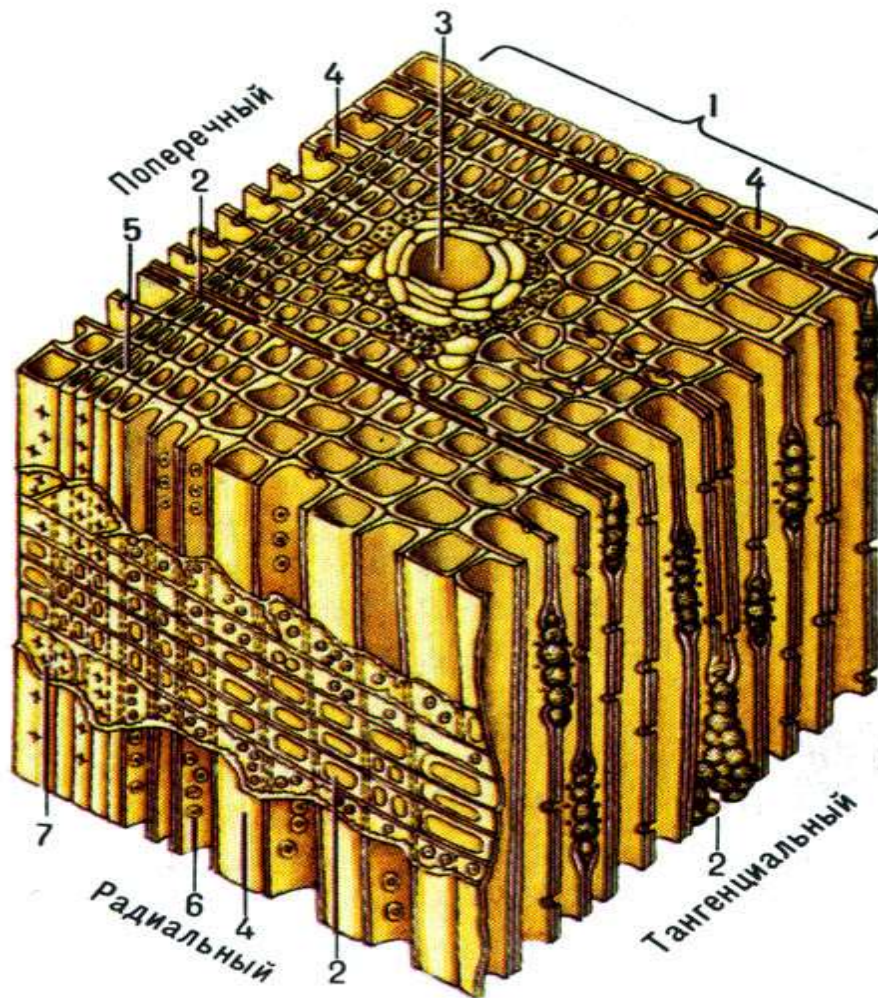
Более 65% фитомассы

Латеральная меристема
(cambium)

Апикальная меристема
(root apex)

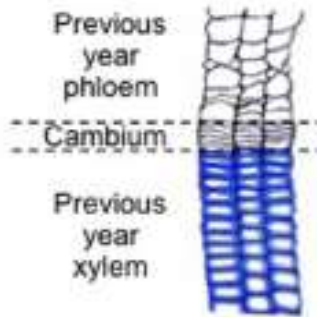


Кусочек трехмерной структуры ксилемы

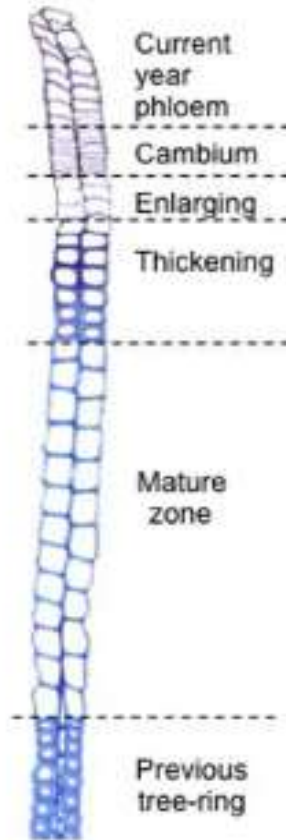


Зарисовки из срезов и схемы

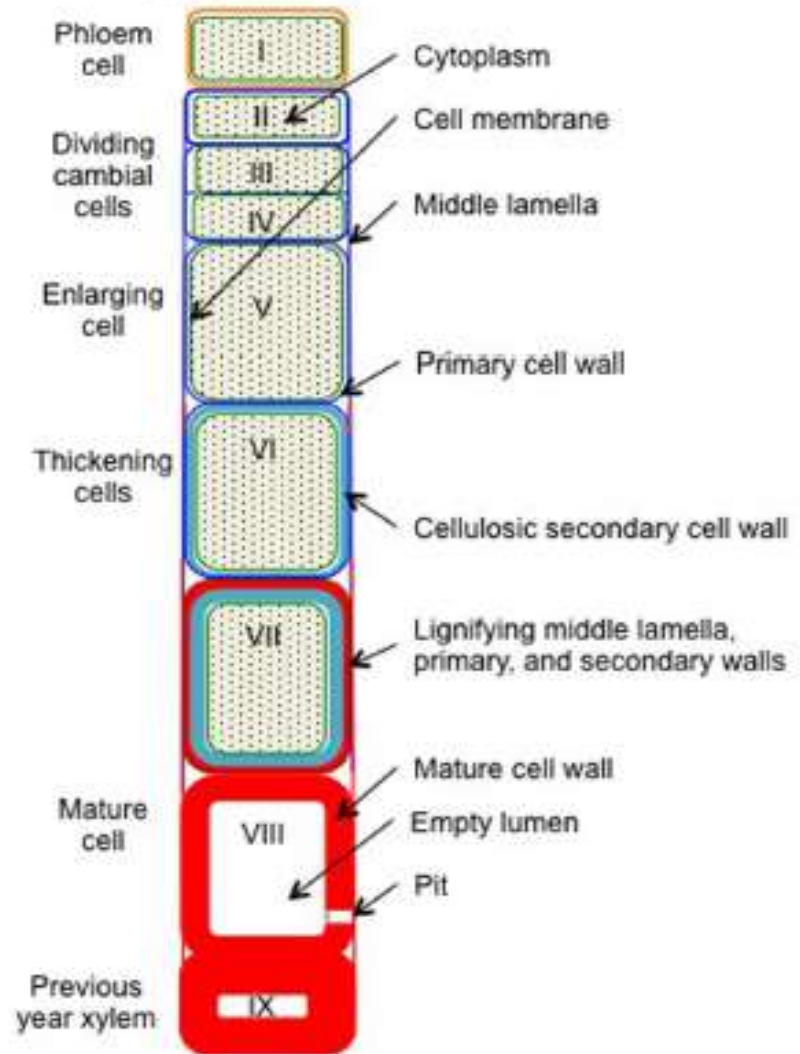
A Dormant cambium



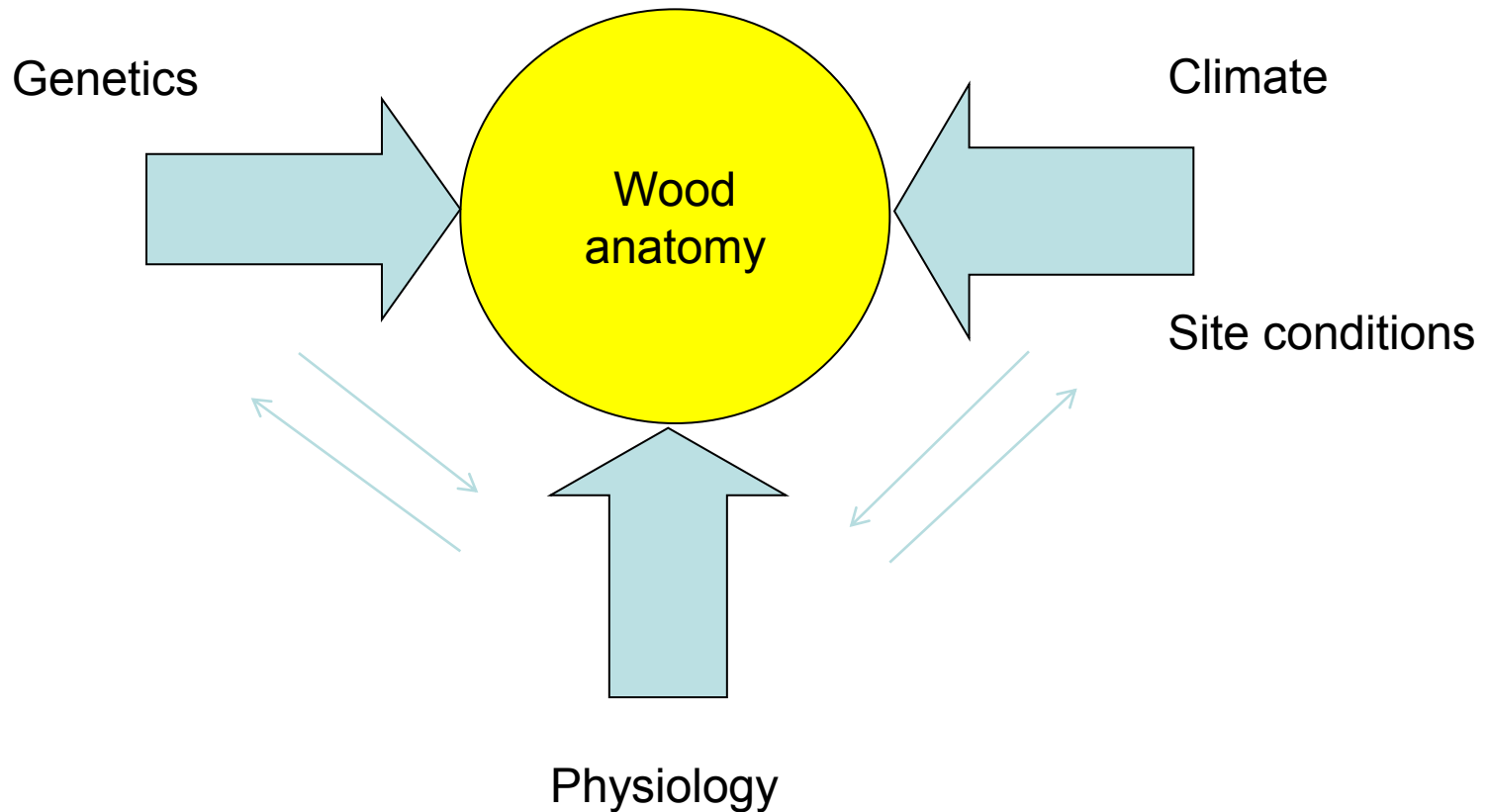
B Active cambium



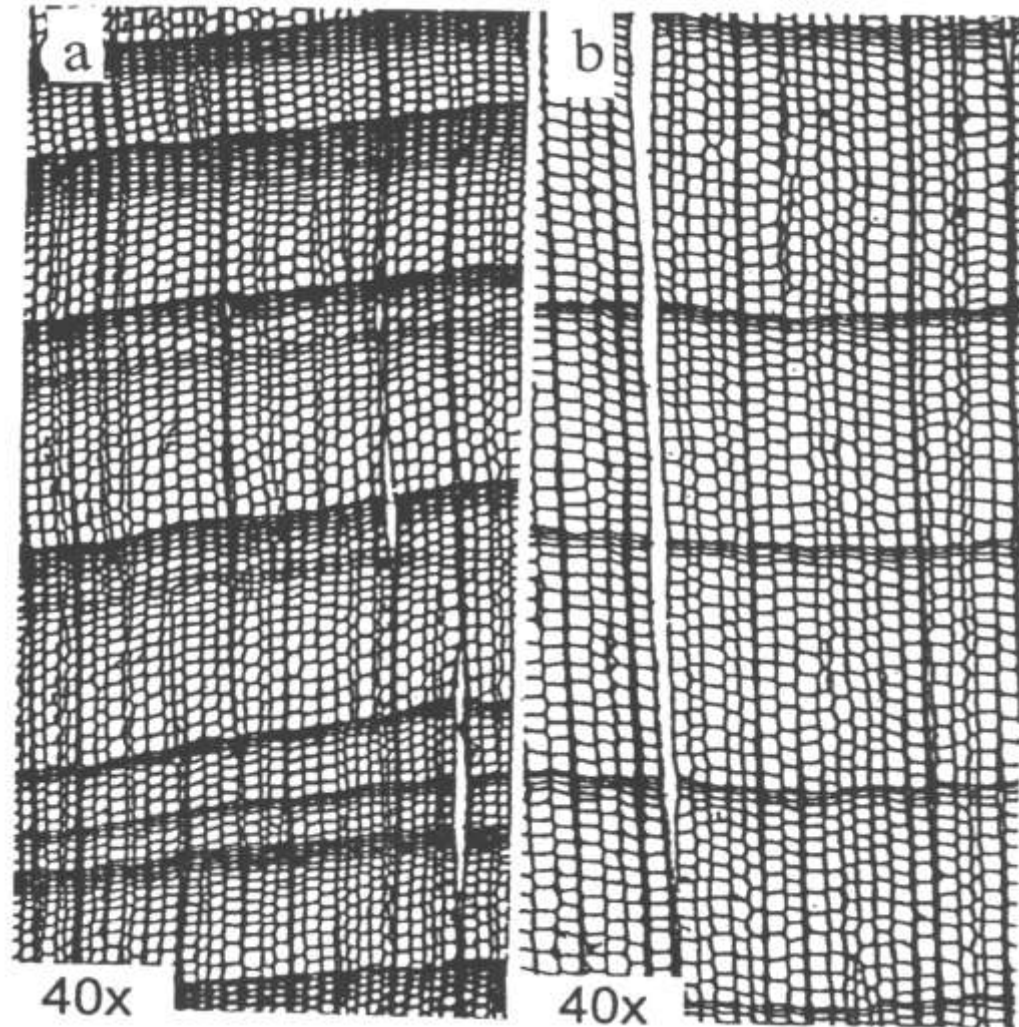
C Developing radial file



Simplified diagram of factors affecting wood anatomy



Examples of anatomical differences formed in tree rings of one species growing in dry (left) and well-watered (right) sites



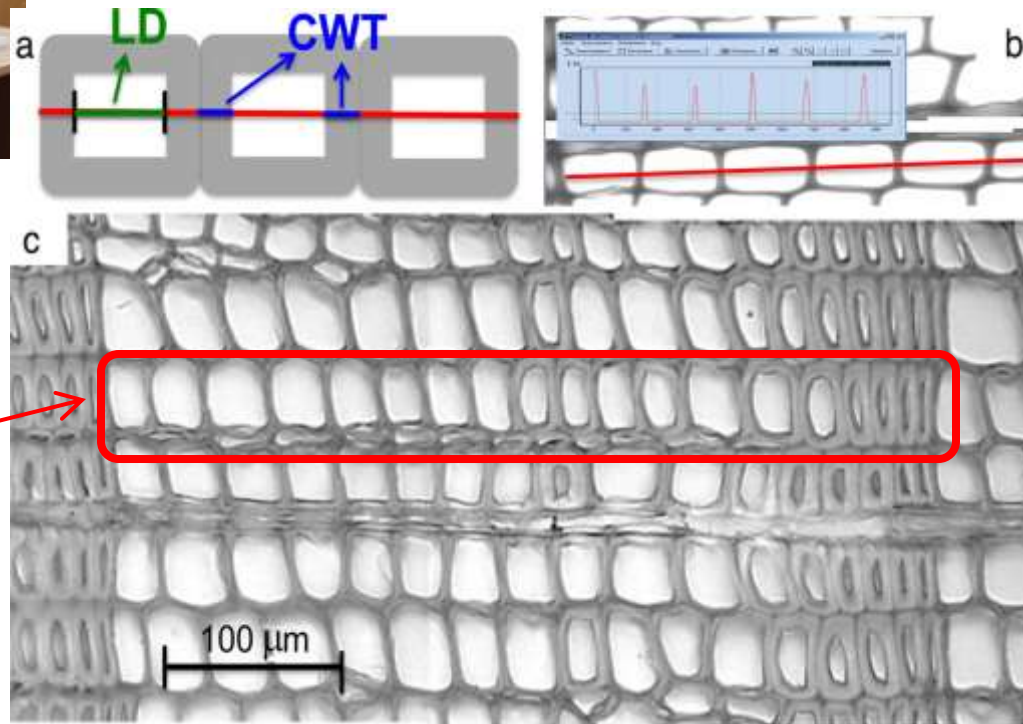
Цифровая анатомия годичных колец



Оборудование: санный микротом MICROM, микроскоп Axio Imager, камера AxioCam

Подготовка: получение препаратов тонких (<20 мкм) окрашенных (safranin, astra blue) поперечных срезов

Измерения: Lineyka, Processor KR (Силкин П.П.)



Базовые гистометрические характеристики:

- радиальный размер клетки D
- радиальный размер люмена LD
- толщина клеточной стенки CWT

Трахеидограмма = ряд измерений гистометрической характеристики для всех клеток в ряду вдоль годичного кольца

Нормирование: к 15 клеткам

What we measure: anatomical characteristics of tree rings for 5 trees in each site during 50-year period (1965-2014)

TRW (N) as result of cambial activity (production of cells)

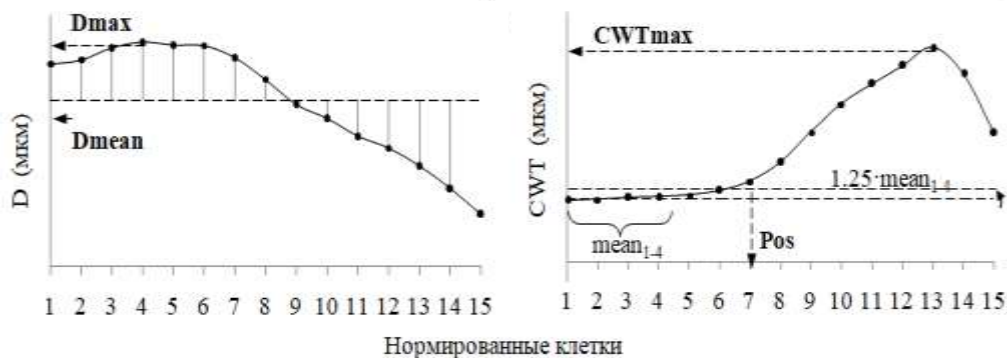
D as result of cell enlargement kinetics

CWT as result of cell wall thickening kinetics

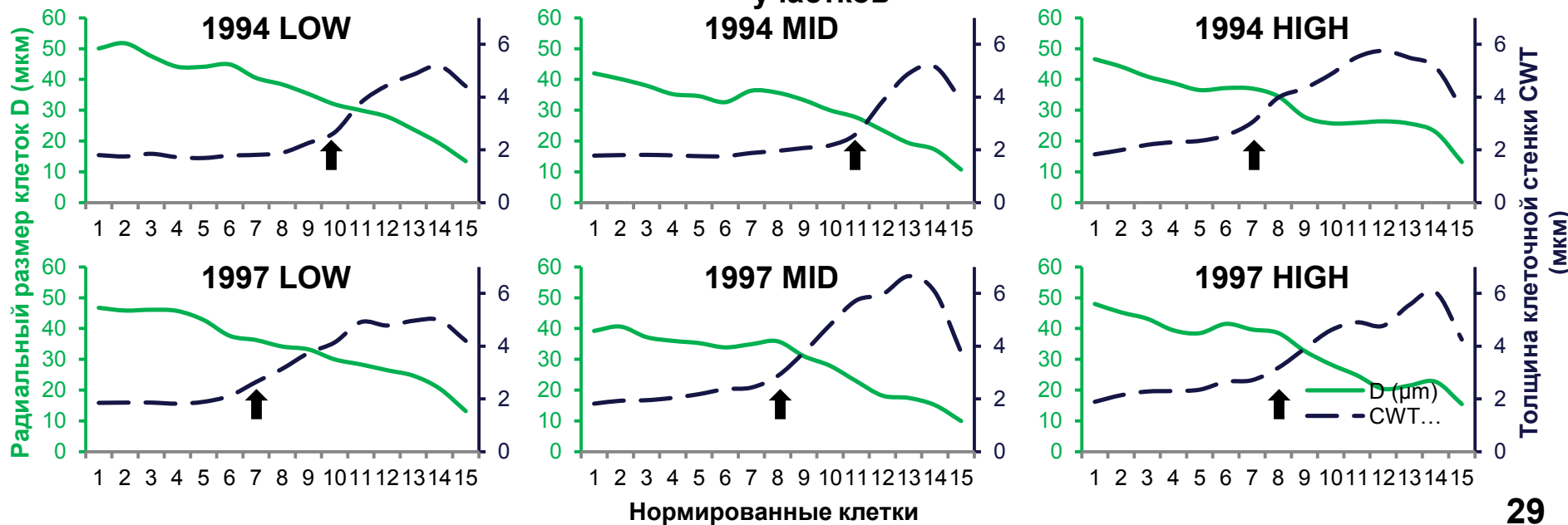
Анатомия – результат взаимодействия внешних и внутренних факторов в сезонном формировании годичных колец



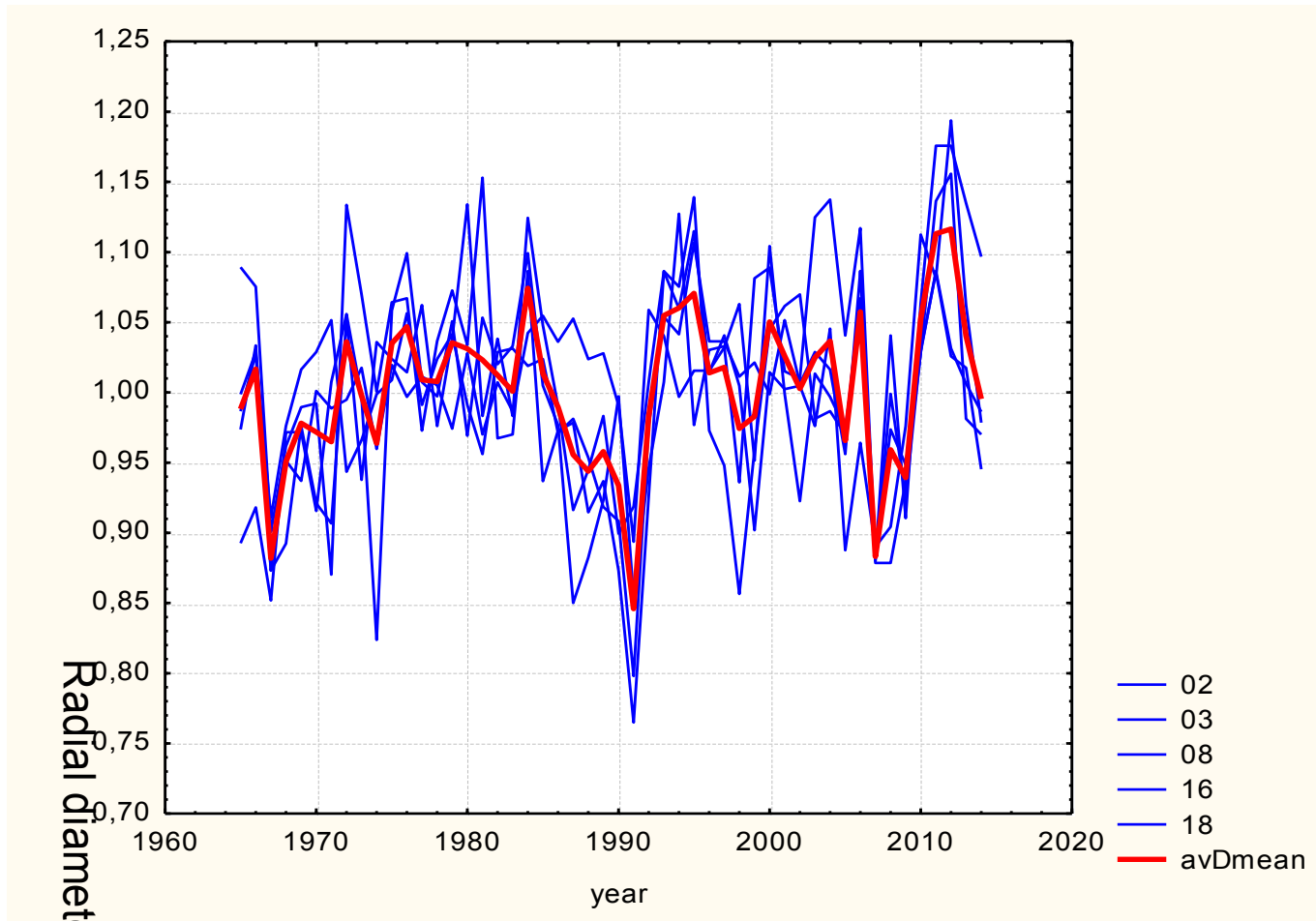
Расчет производных параметров на нормированной трахеидограмме



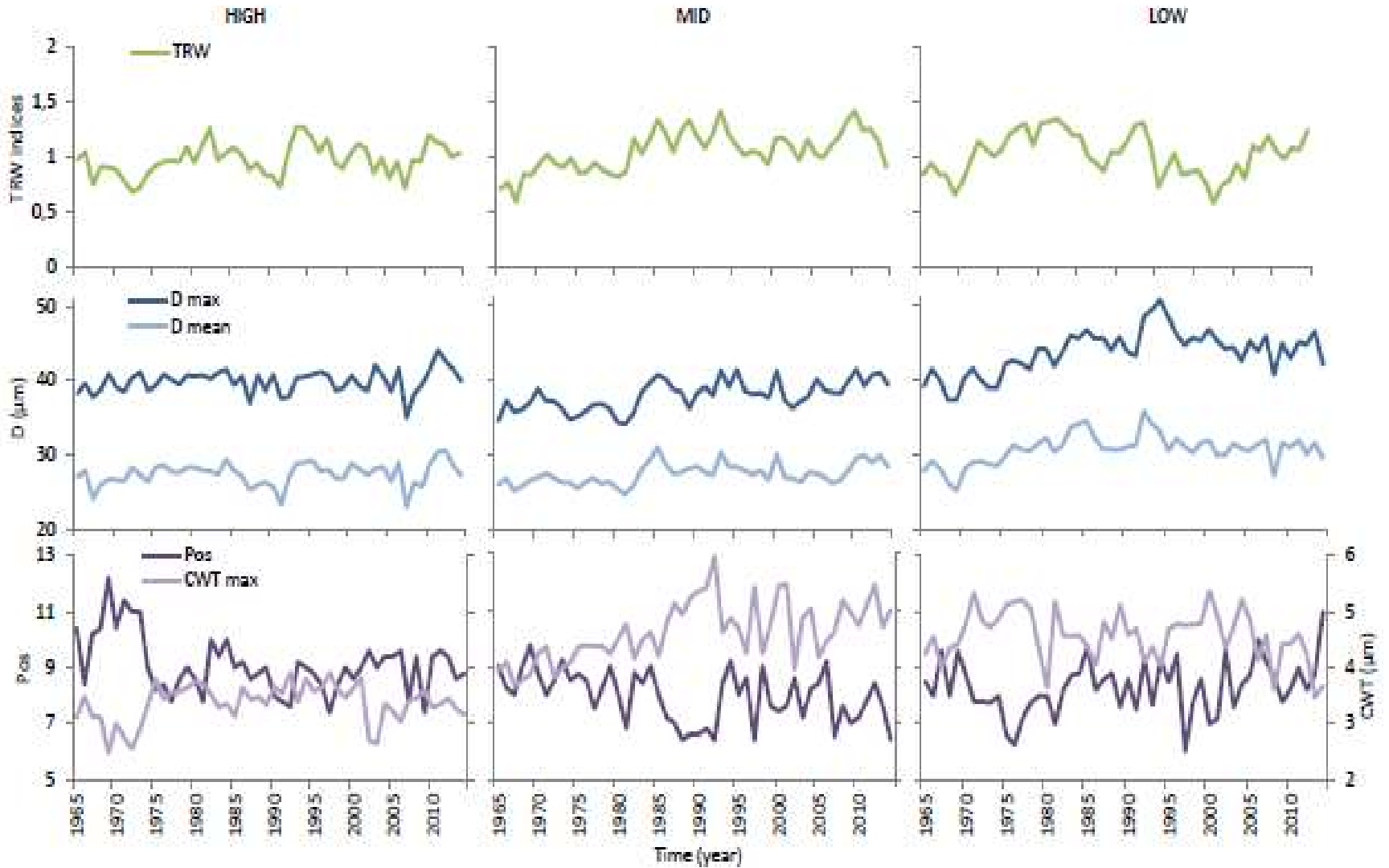
Примеры трахеидограмм для разных лет и участков



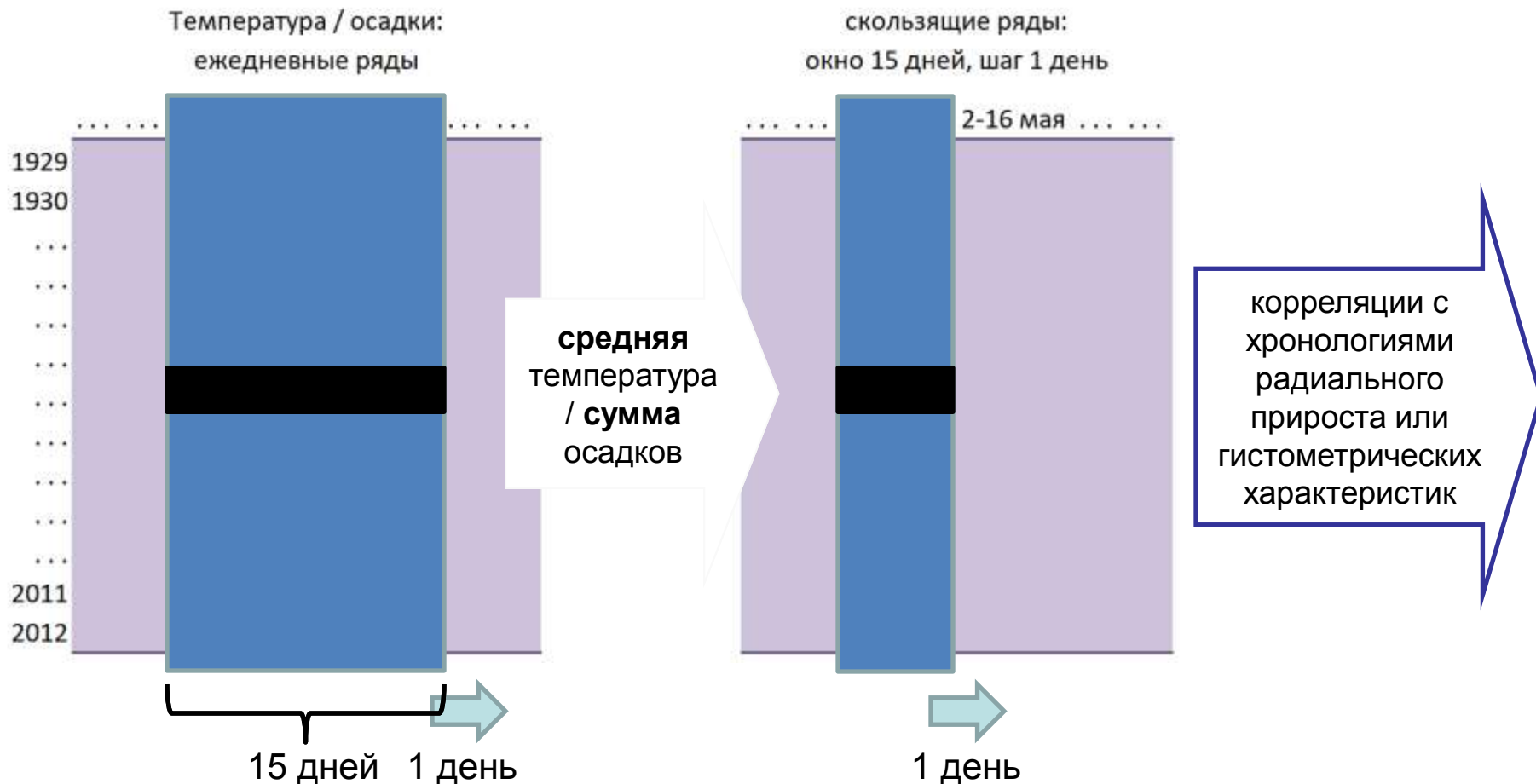
An example of time series of anatomical traits: average radial diameter



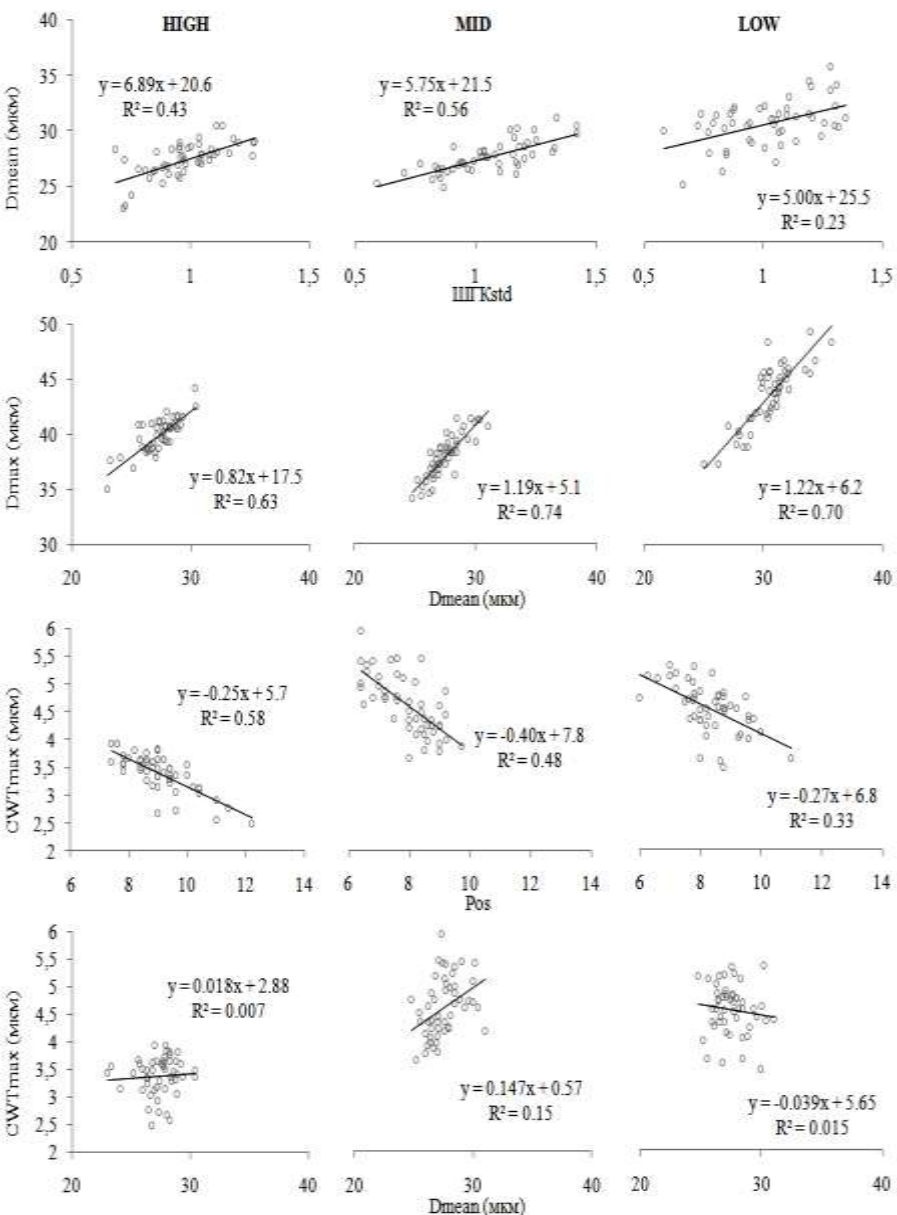
Time-series of anatomical traits



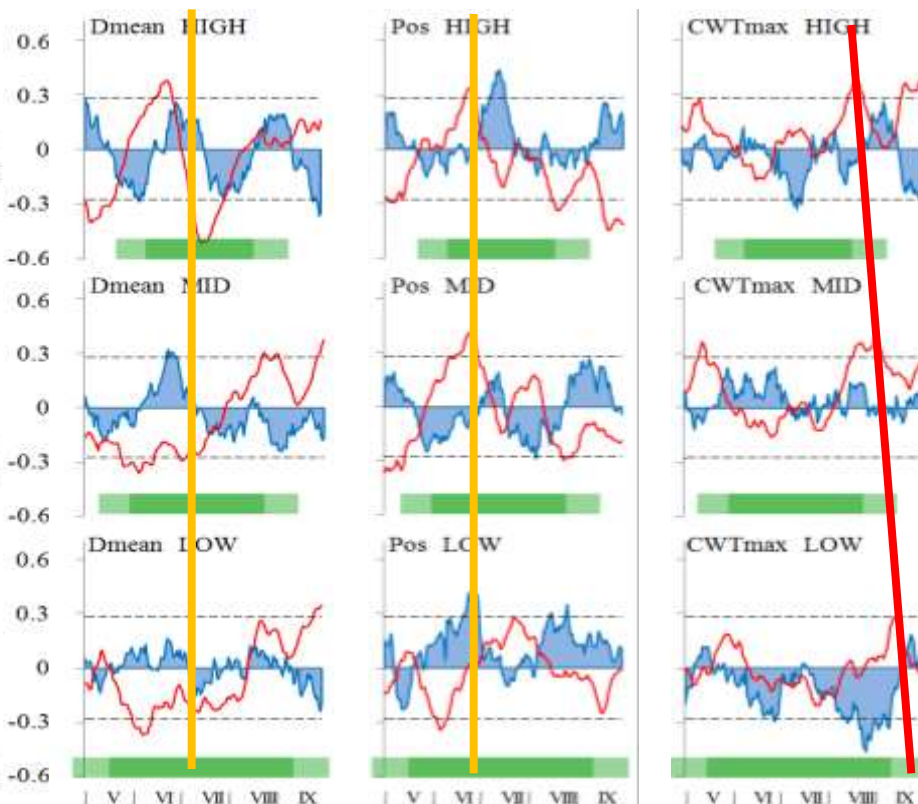
Расчет корреляций со скользящим окном – эффективный метод выделения важных в климатическом контроле интервалов в сезоне



Внутренний и внешний контроль сезонного формирования ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ

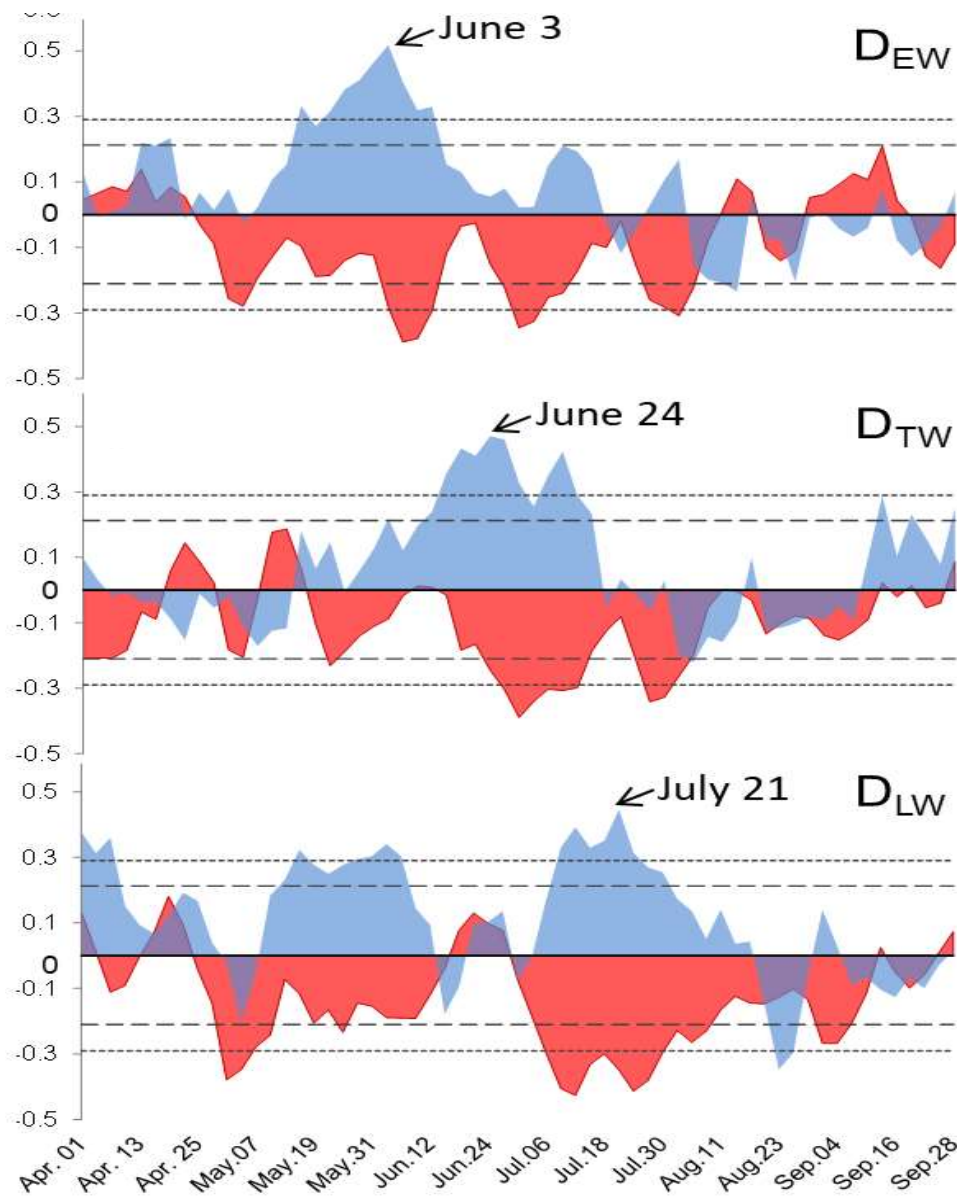
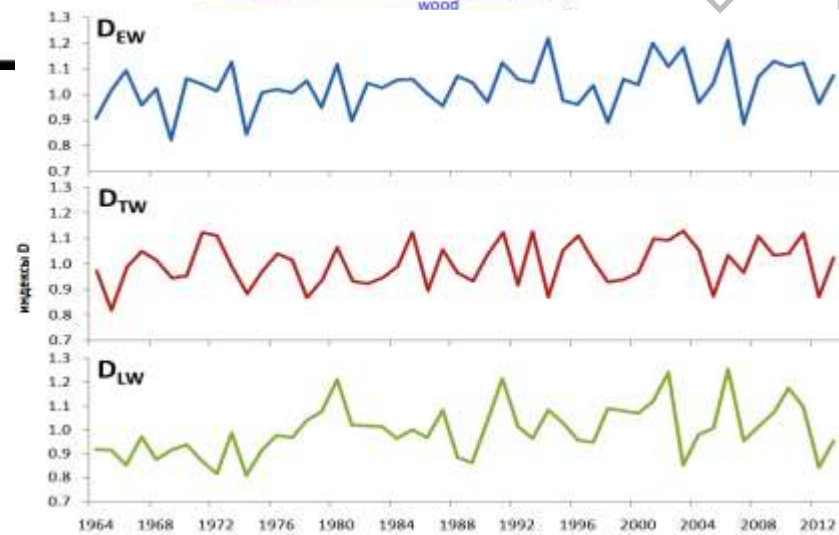
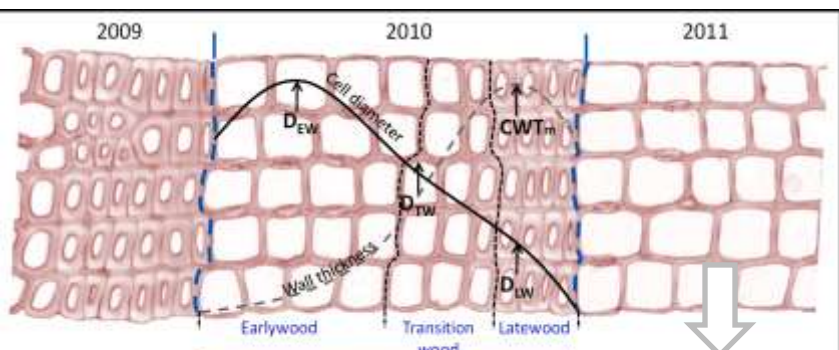


Интервалы максимального климатического отклика размера клеток зависят от условий первой половины сезона, доли толстостенных клеток связаны с длиной дня, отклика максимальной толщины клеточной стенки – с переходом температуры через 10°C в соответствии с высотным градиентом



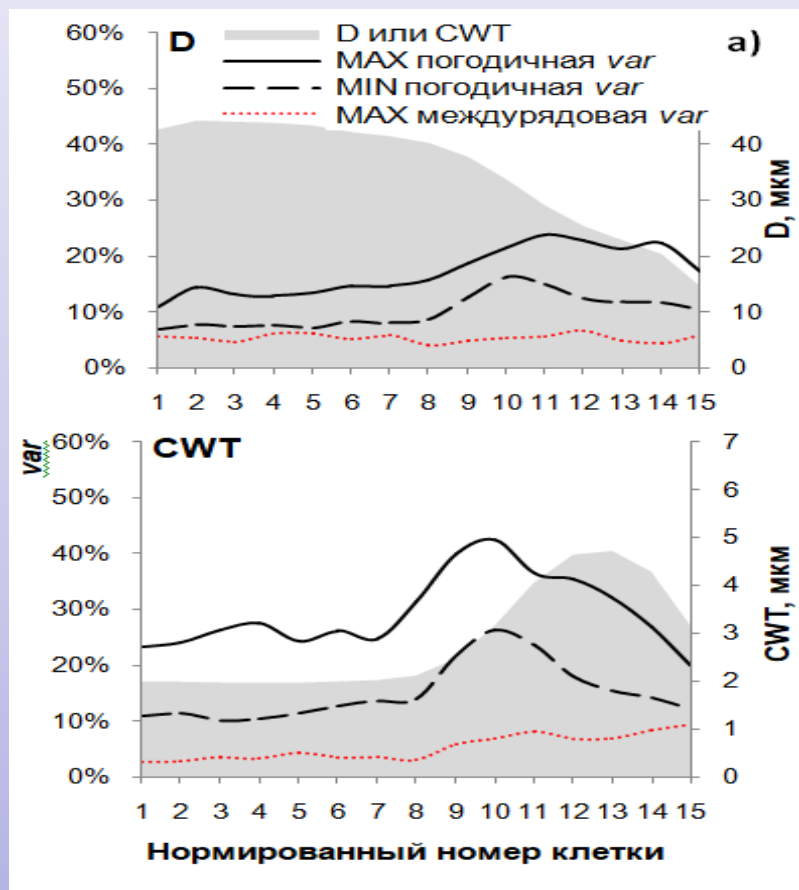
Трахеидограммы годовичных колец из условий, дефицитных по увлажнению

Максимальный размер трахеид в каждой зоне годовичного кольца положительно зависит от увлажнения за короткие интервалы сезона

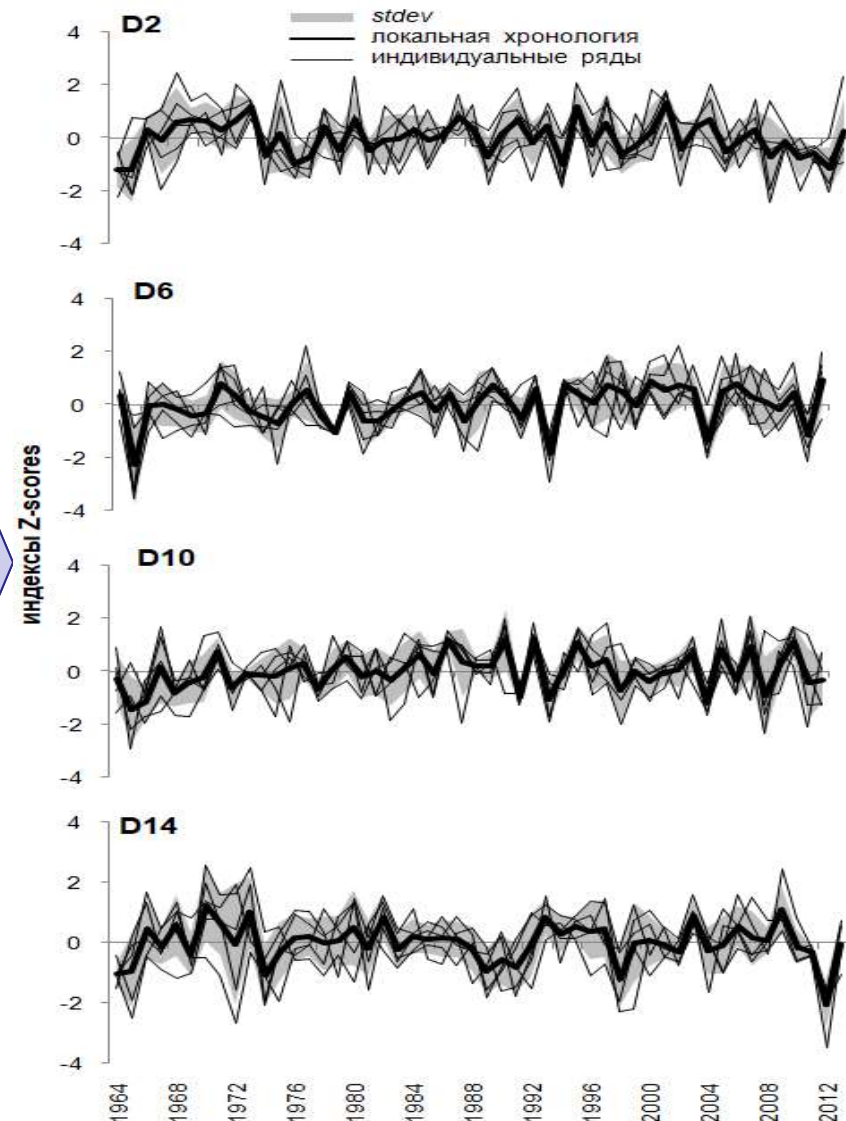


Трахеидограммы: дендроклиматический анализ с высоким разрешением

Погодичная вариация превышает вариацию между рядами клеток по всему годовичному кольцу

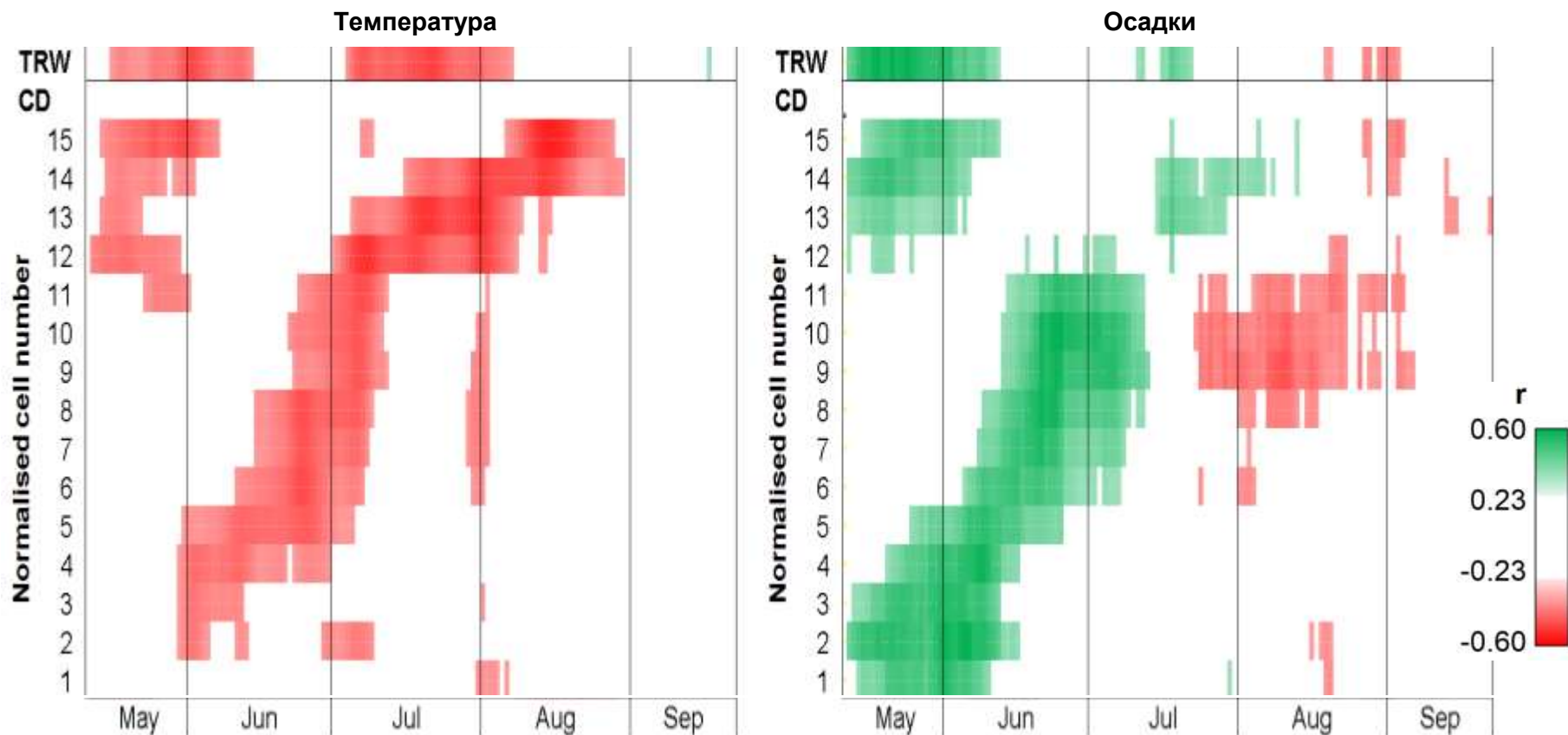


Нормированная к 15 клеткам трахеидограмма



Трахеидограммы: дендроклиматический анализ с высоким разрешением

Корреляции хронологий радиального прироста (TRW) и размера клеток (CD) со скользящими 20-дневными рядами температуры и осадков: отклик CD имеет то же направление, что и TRW, но сдвигается во времени вдоль кольца



Подготовка микрокерна



Обрезка (сохраняем 2 последних кольца) в 70% спирта



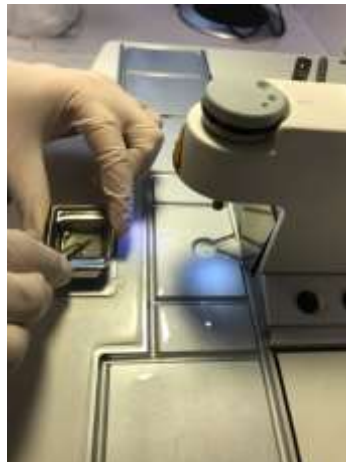
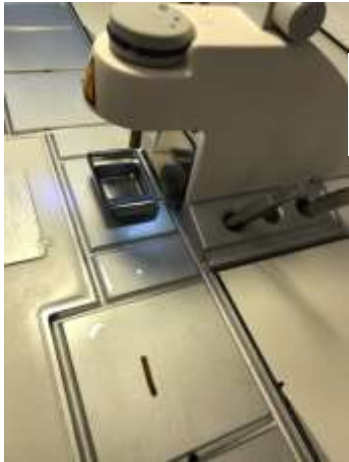
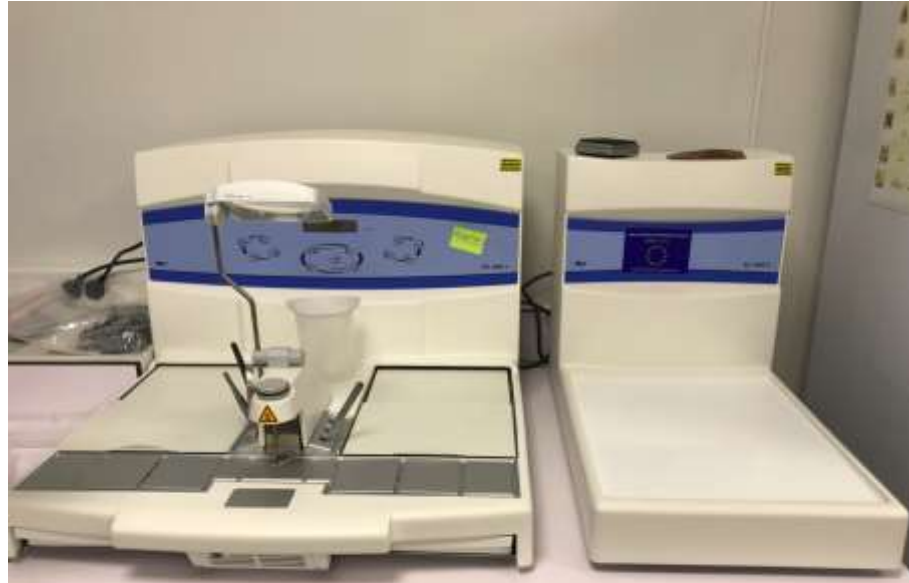
Отмечаем положение трахеид или сосудов



Маркировка кассеты



Заливка образцов в парафин



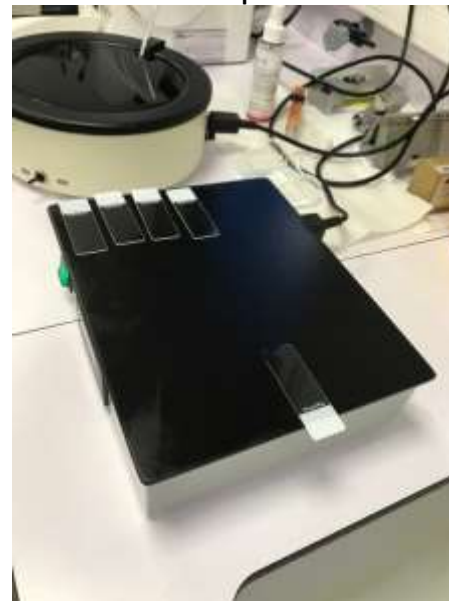
Нарезка образцов на роторном микротоме



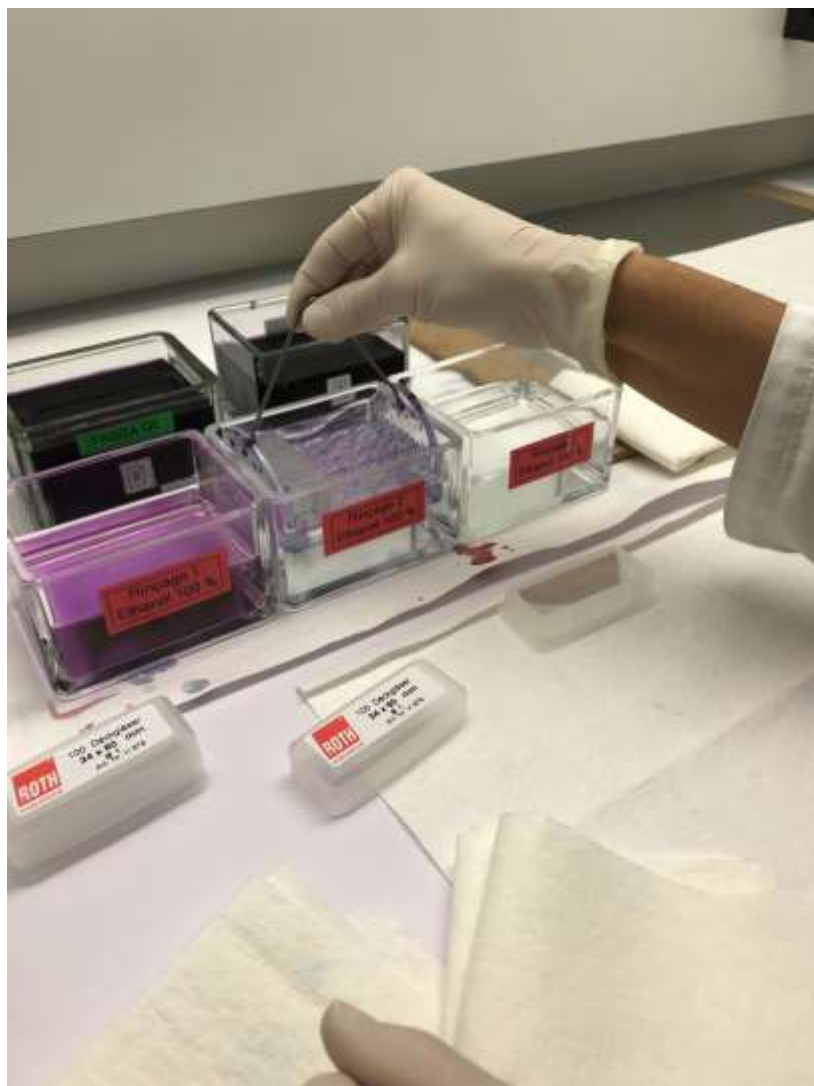
Нанесение альбумина на предметное стекло для «приклеивания» среза



Ванна с теплой водой 40°C разглаживает парафин
Столик нагревает стекла и испаряет воду с их поверхности



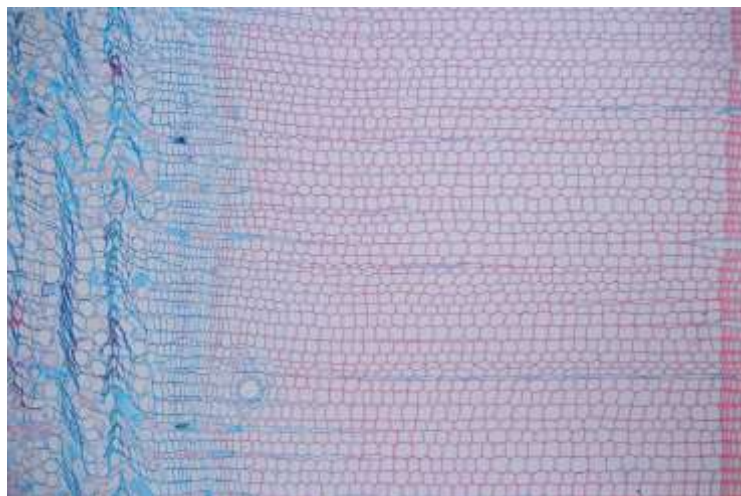
Окрашивание образцов в растворе сафранина и астра-голубого для лигнифицированных и нелигнифицированных тканей



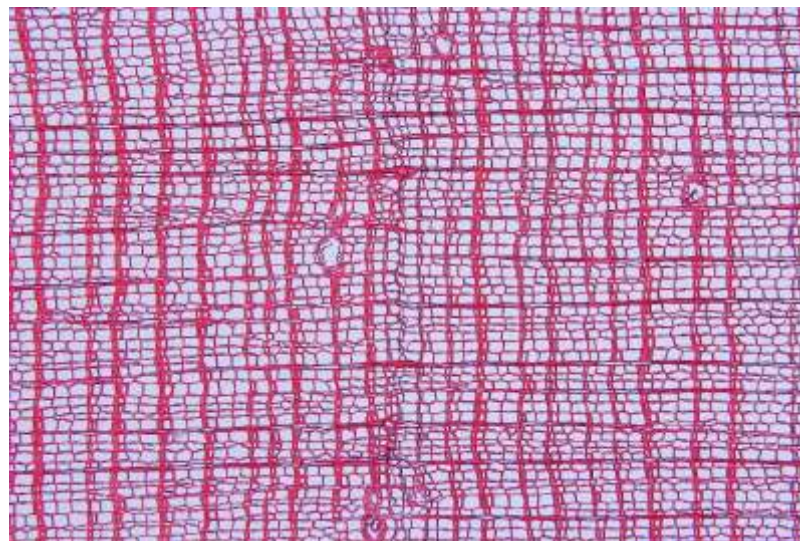
Фиксация препарата в эупарале



Pinus sylvestris L., 7 мкм толщина среза



Larix sibirica Ledeb., 12 мкм толщина среза



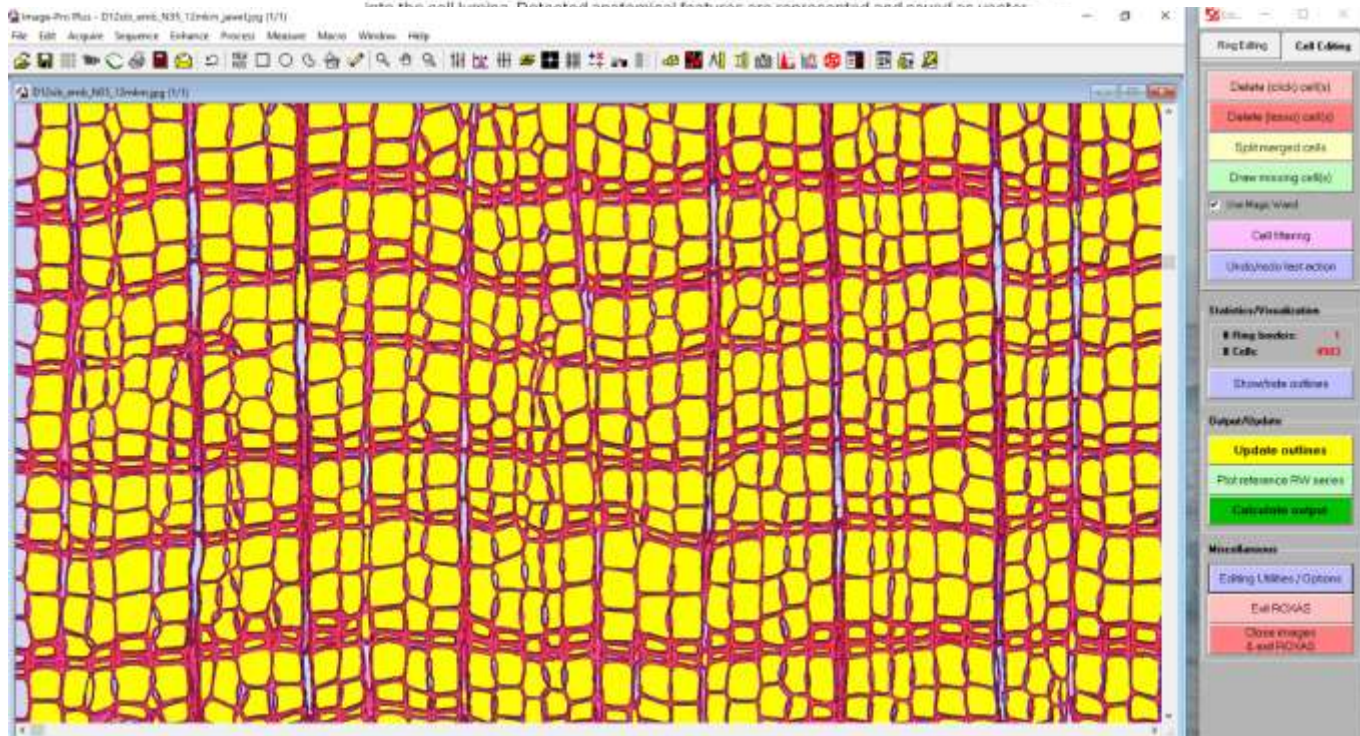
Измерение параметров трахеид (сосудов) с помощью программного обеспечения Roxas

ROXAS



ROXAS is an image analysis tool for quantifying xylem anatomy in angiosperms and conifers

A key feature of ROXAS is to process images of entire samples in one step, including up to 1,000,000 cells and >100 annual rings. During automatic image analysis, ROXAS corrects image and samples deficiencies including poor contrast and ripped-off cell walls extending

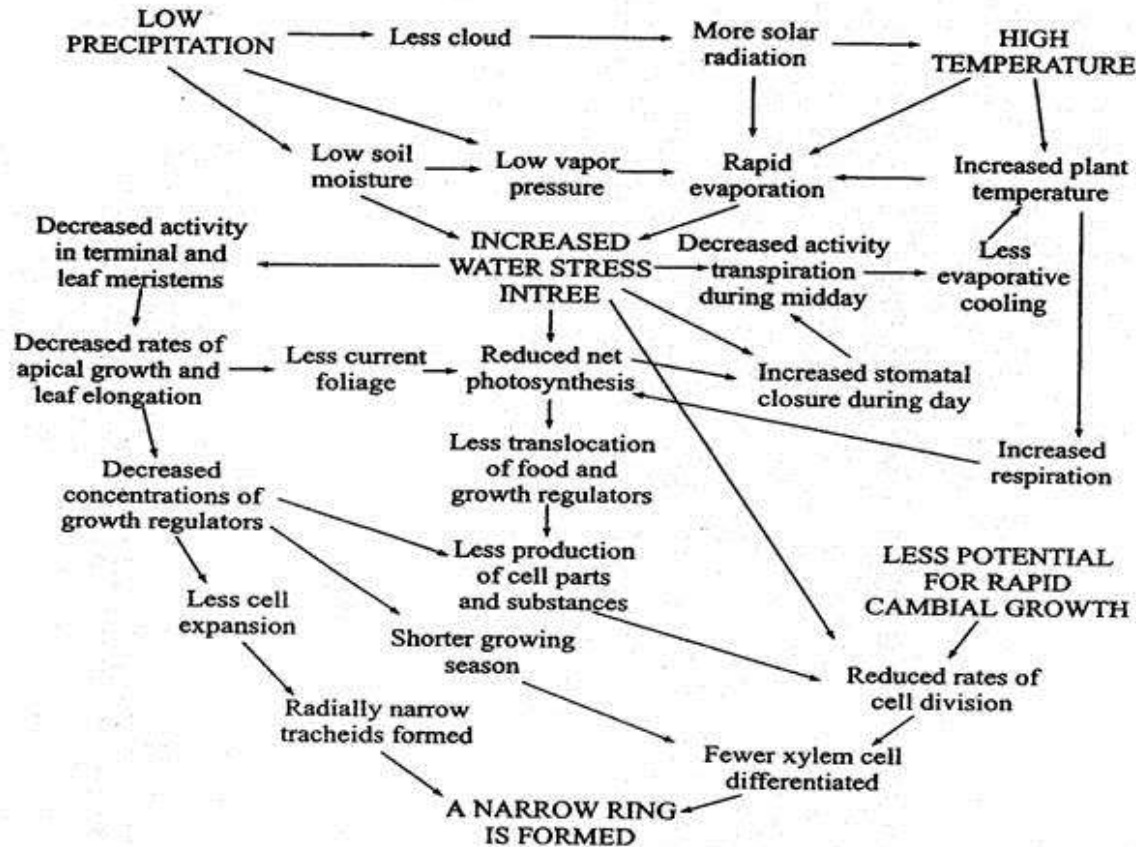


<https://www.wsl.ch/en/forest/tree-ring-research/products/roxas.html>

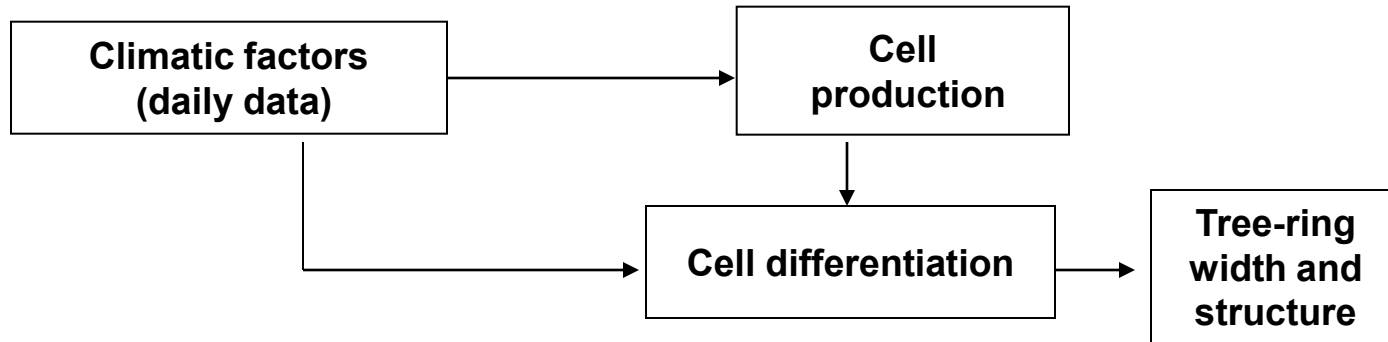
**Чем могут ответить российские исследователи, чтобы не
потерять приоритеты?**

**Имитационная модель сезонного формирования
годовых колец у хвойных древесных растений (VS-
модель)**

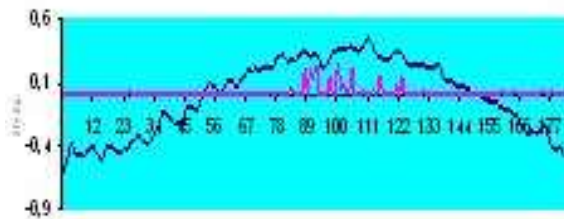
Famous Fritts's diagram showing the interaction of temperature and precipitation in formation of narrow tree ring



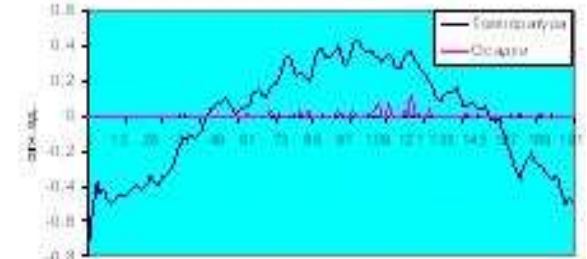
VS-model of growth and formation of tree rings



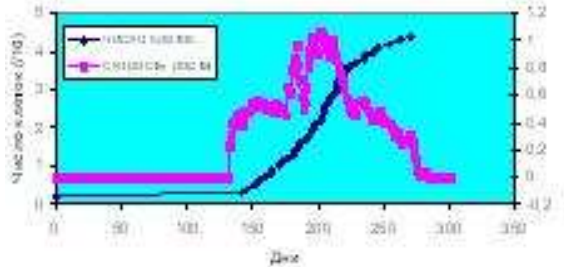
1988 год



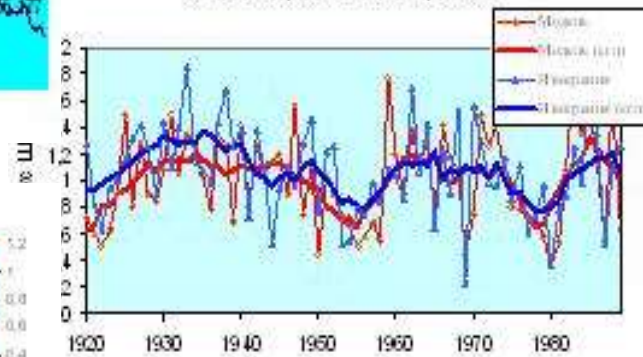
1989 год



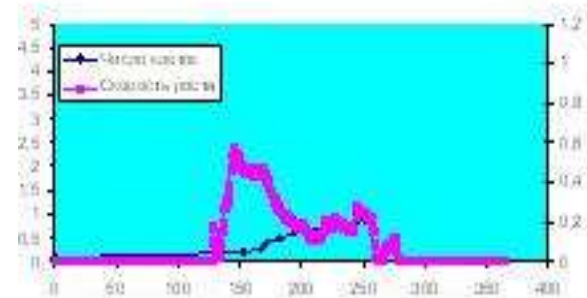
1988



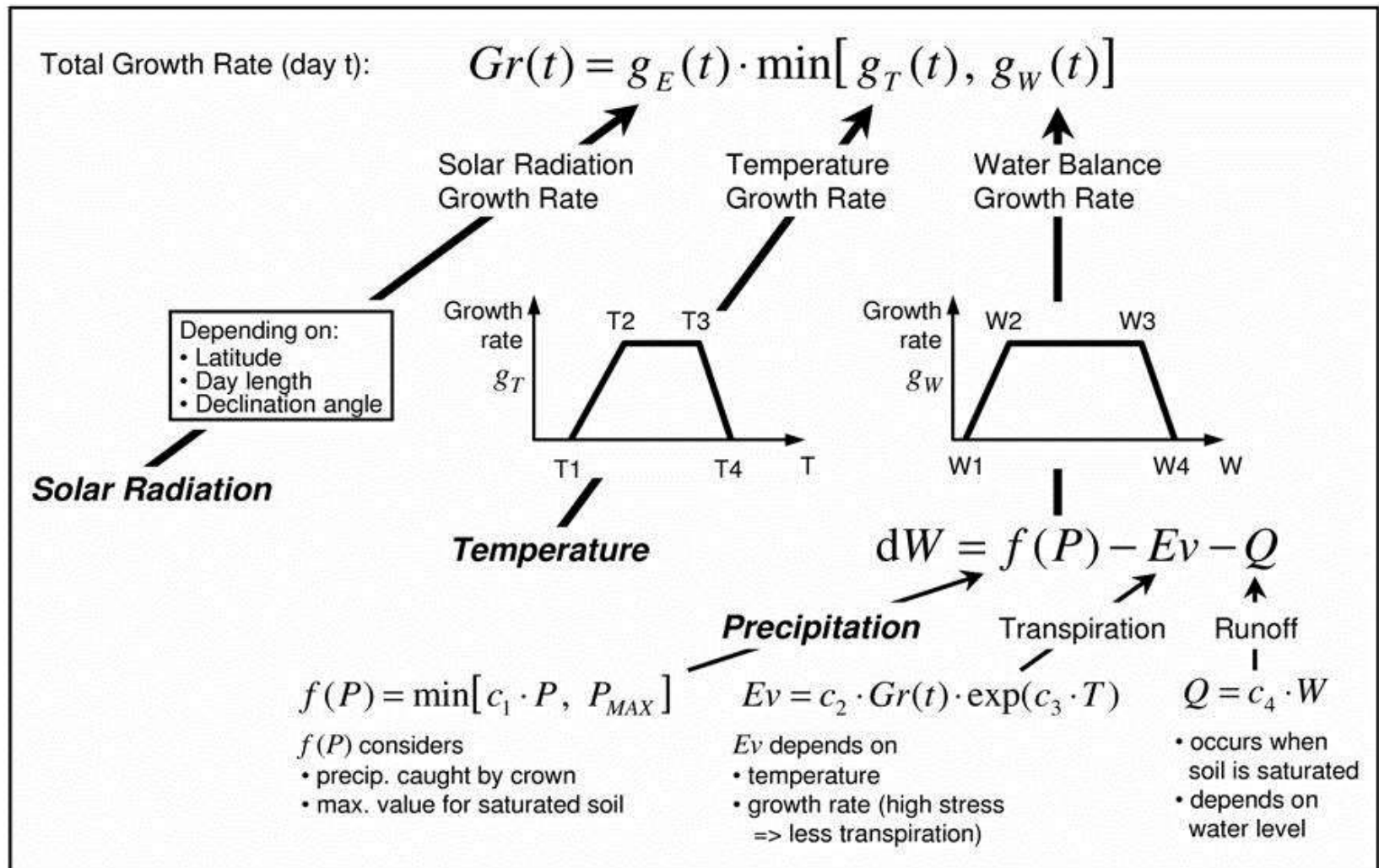
Динамика радиального роста



1988

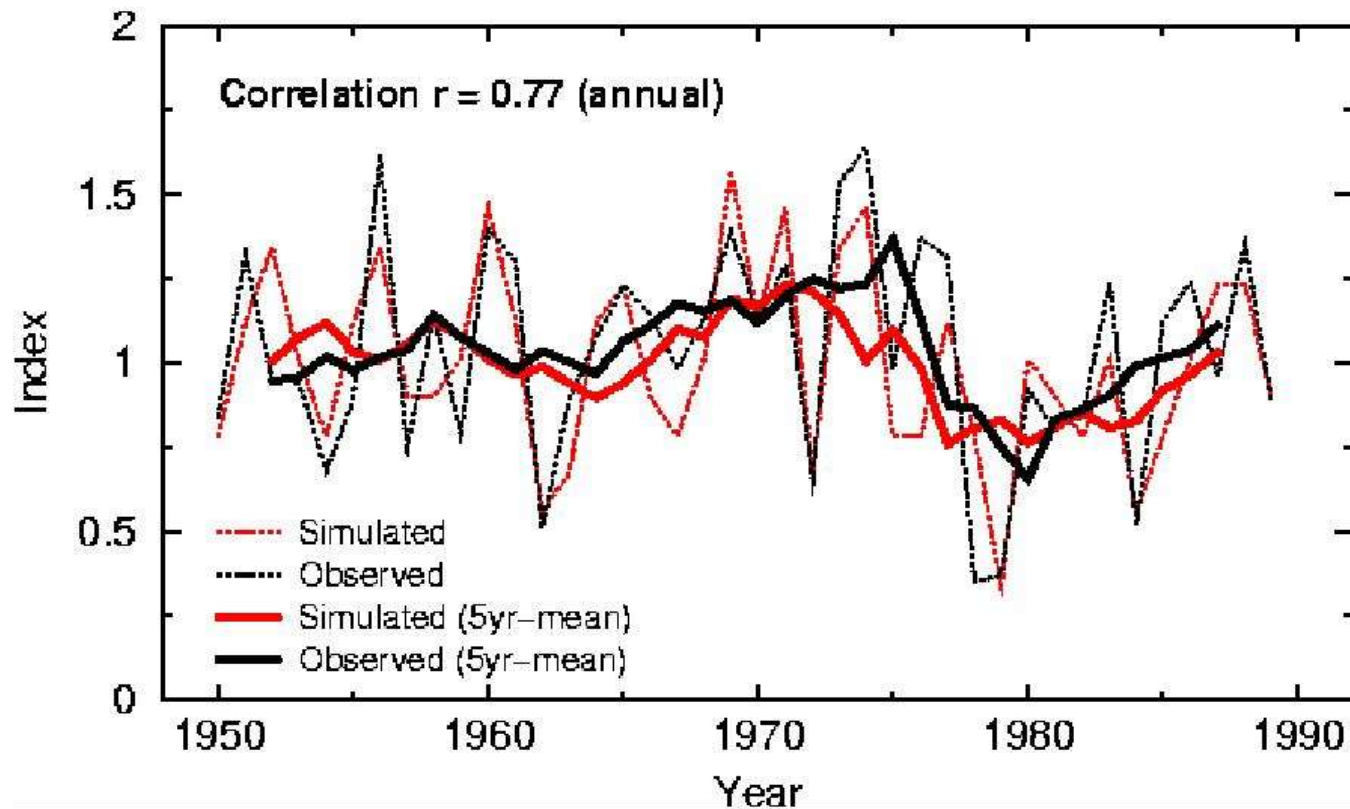


Simplified scheme of process-based VS-model for calculation of tree ring width and cell dimension



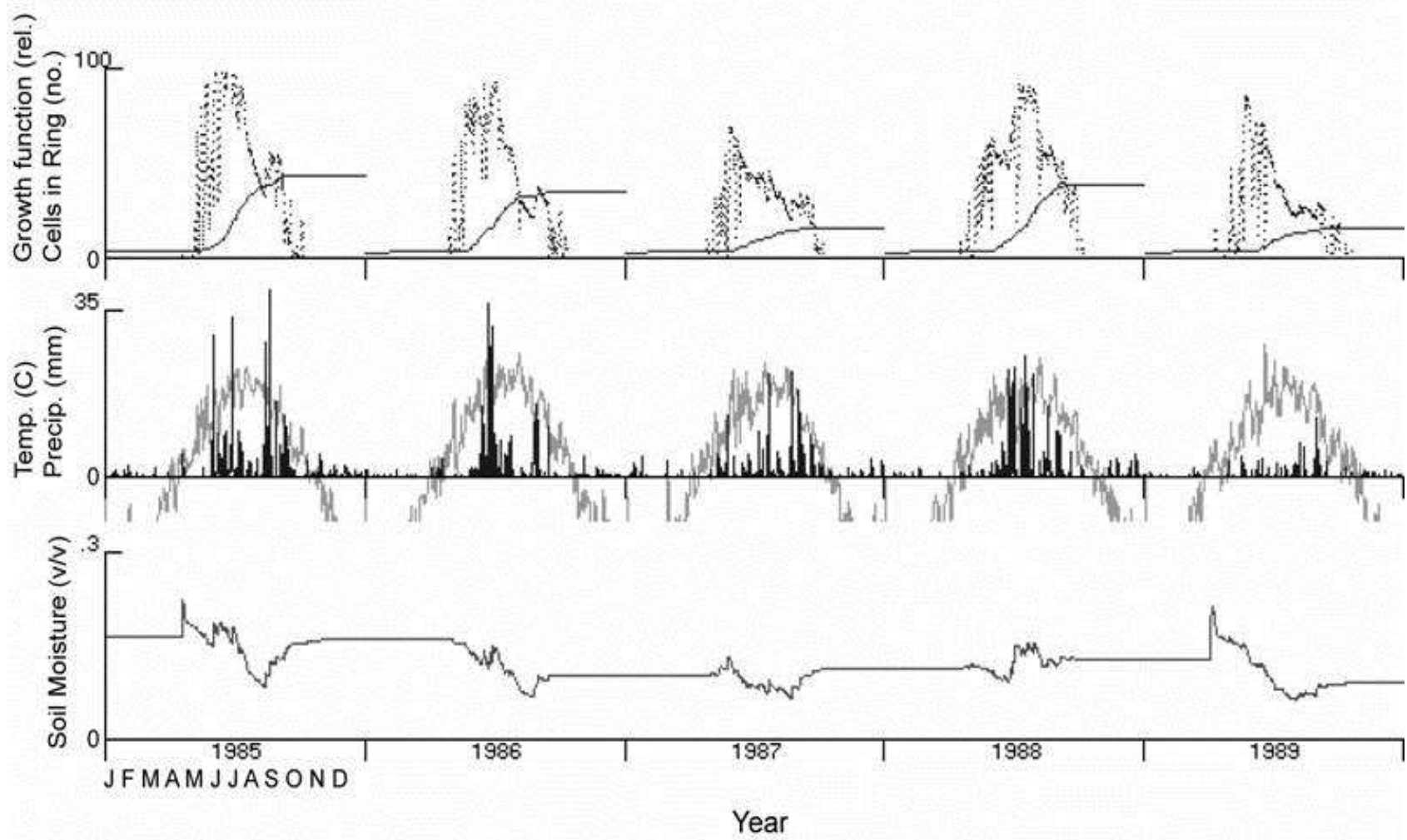
Simulation of tree ring chronology from polar (northern) timberline

Observed and Simulated Tree-Ring Index Chokurdakh, Russia 1950–1989

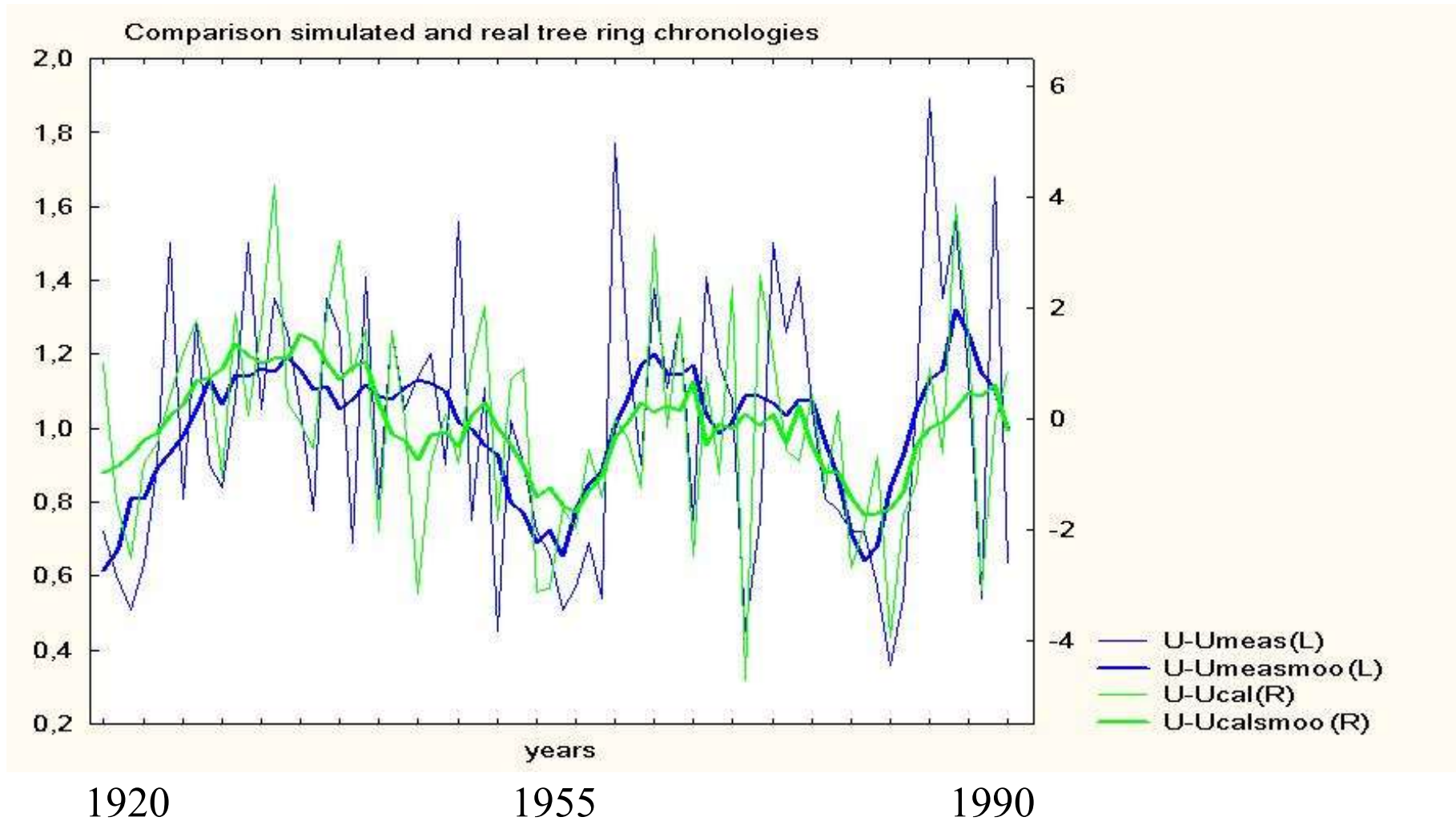


Calculation of seasonal and inter annual growth rate of Scots pine growing in steppe zone

Simulated Tree Ring Growth 1985-1989 Ulan-Ude, Southern Russia



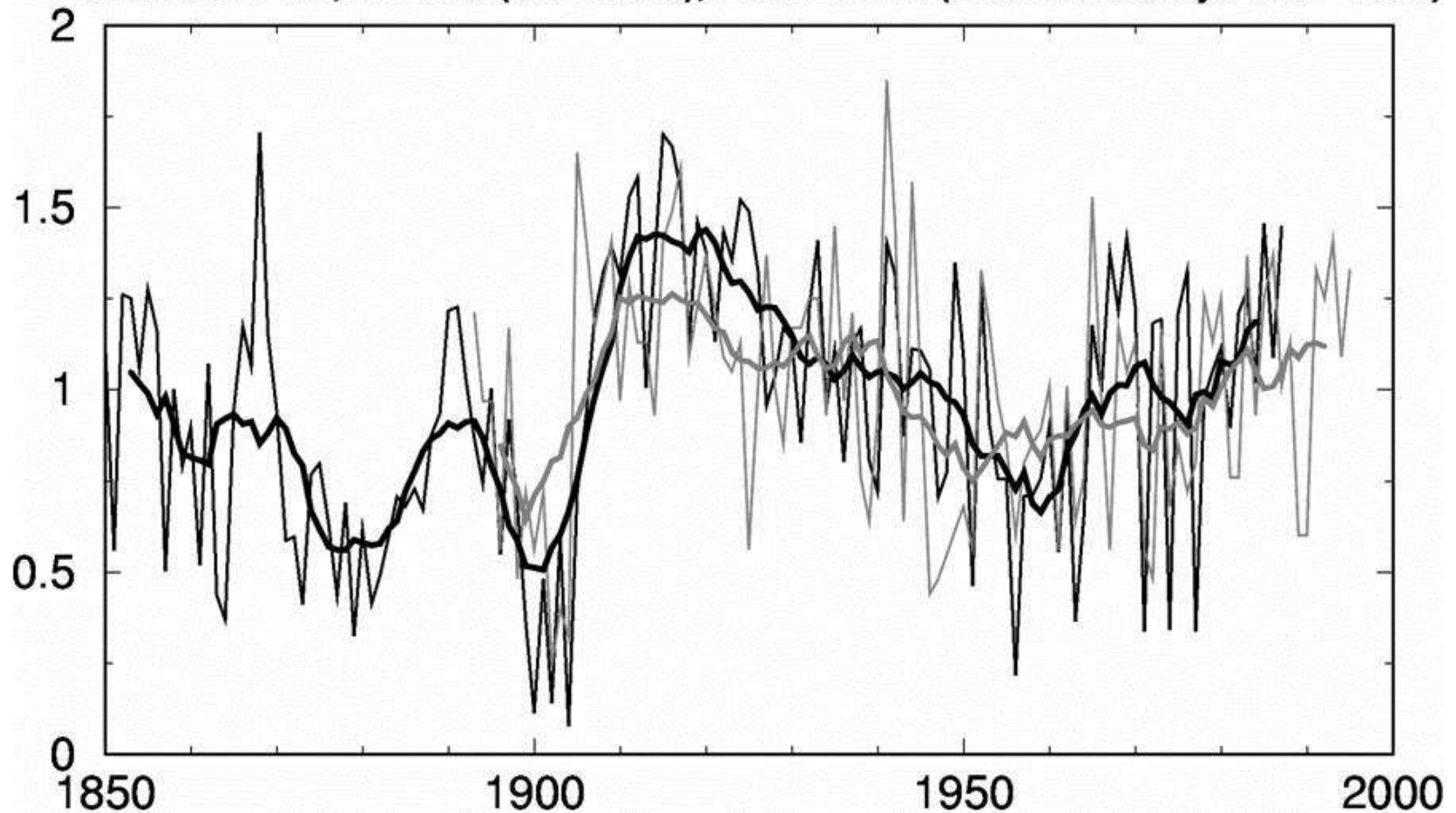
Measured and simulated pine tree ring chronology (Buryatia, Russia): annual correlation +0,61, long-term correlation +0,86



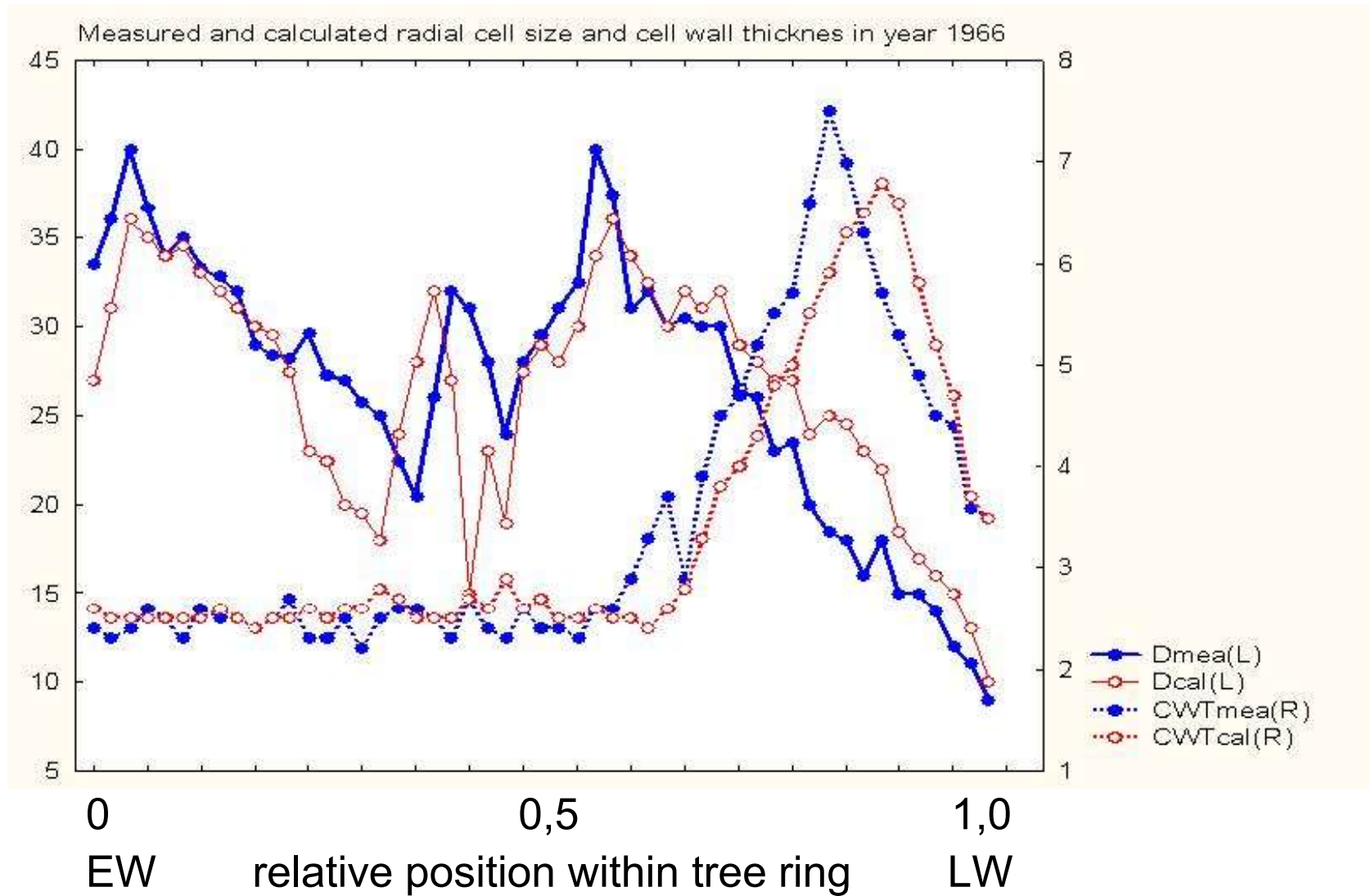
The correlation for annual data is +0.60, for 10-year running means it is +0.88

Observed and Simulated Chronology

Ponderosa Pine, Arizona (35N 110W), Elev. 2057m (Station Buckeye 1893–1995)



Simulation of seasonal variations in cell dimension (semi-arid conditions)



K.Anchukaitis et al, Geophys Res Lts, 2006

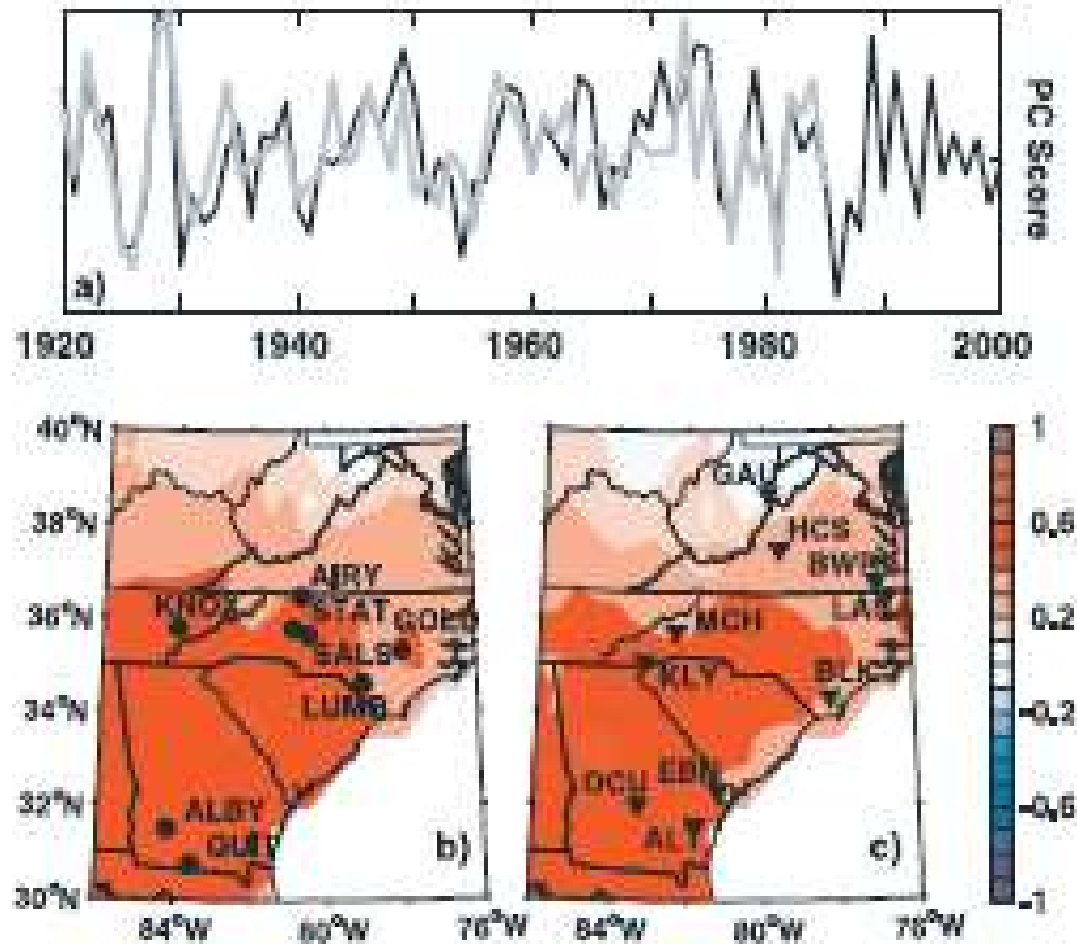


Figure 1. Intercomparison of synthetic and actual tree-ring width chronologies from the southeast United States. (a)

Один из важных результатов

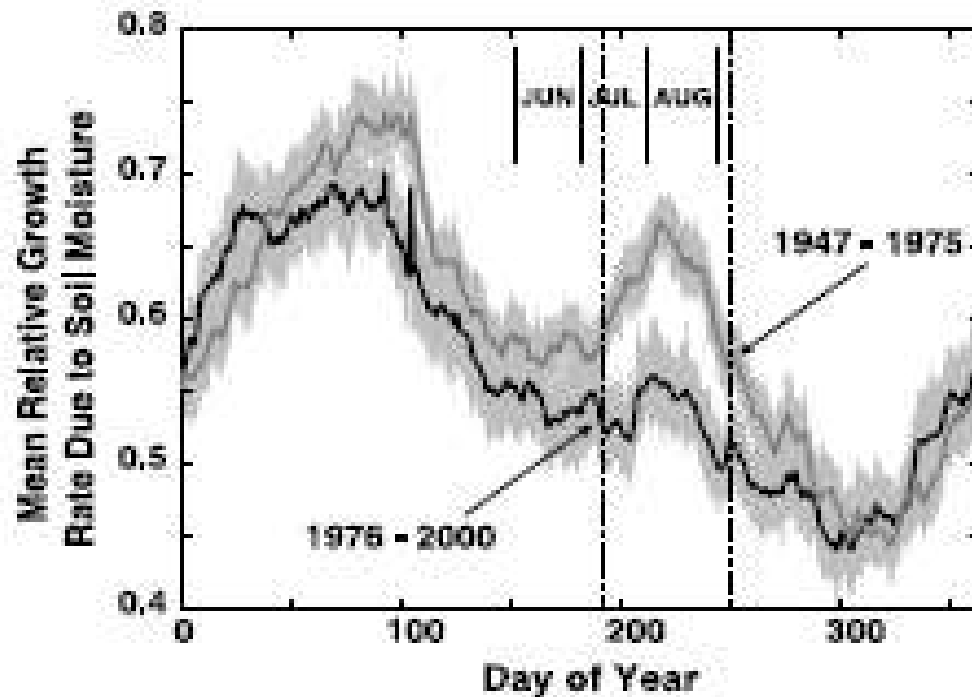


Figure 2. Modeled mean growth rates due to soil moisture for region-wide simulations for the period 1947–1975 (heavy gray line) and 1976–2000 (heavy black line). Shaded regions are 95% bootstrapped confidence intervals about the means, and demonstrate that average growth rates as a function of soil moisture are indistinguishable between the two periods except during the summer (shown by dashed box).

M.Evans et a.l., J Geophys Res, 2006

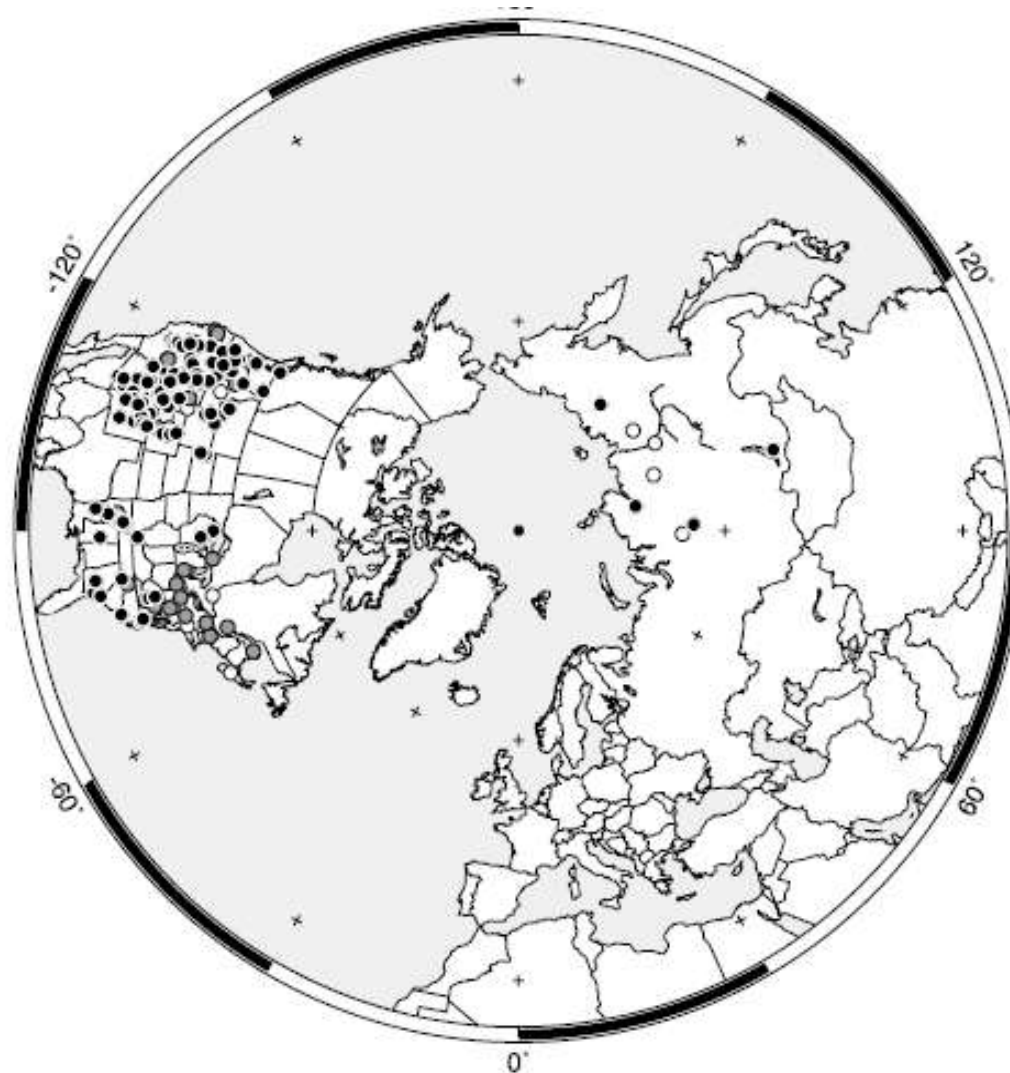
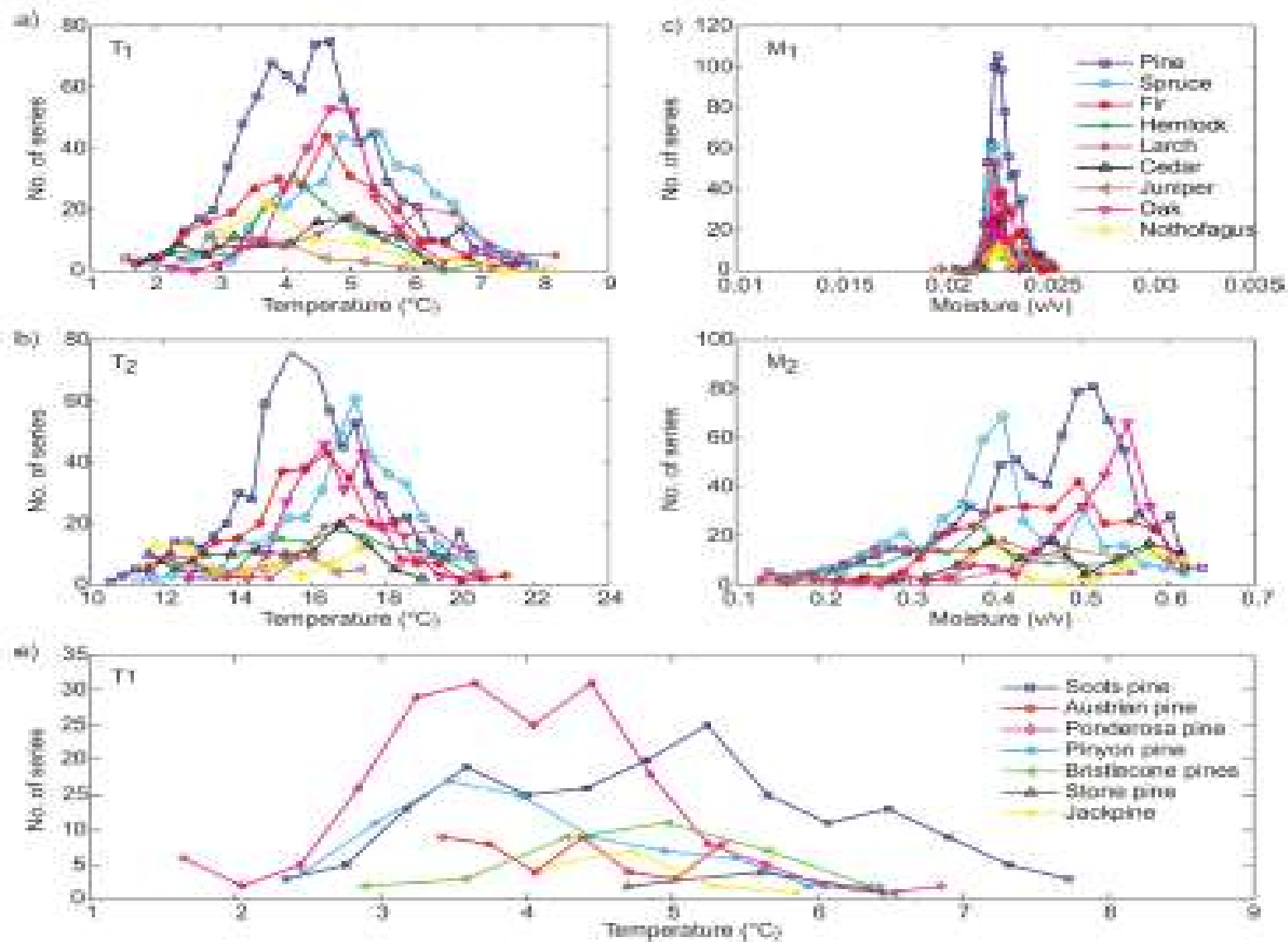


Figure 5. Correlation significance map for simulation of 198 tree ring width chronologies from North America and Russia for the ~1915–1981 comparison period. Significance levels (considering effective degrees of freedom): >99% (black circles; n = 138; 70% of correlations), >95% (gray circles; n = 174; 88% of correlations), <95% (white circles; n = 24; 12% of correlations).

The VSL model was able to simulate tree-ring series for 2271 out of the 2287 sites, suggesting general applicability to diverse environments and species. Of the remaining 16 sites, nine were high-latitude or high-elevation sites in Nepal (3), Siberia (1), and Canada/Alaska (5) for which no growth was simulated because temperatures never reached the threshold temperature T_1 for growth initiation (hence $g_T = 0$). The remaining seven sites were (sub-)tropical sites in Florida (1), Mexico (4), Argentina (1), and Indonesia (1), for which neither temperature- nor moisture-limited growth (hence $g_T = 1$ and $g_M = 1$).

Global network simulation: Breitenmoser et al., Clim Past, 2014

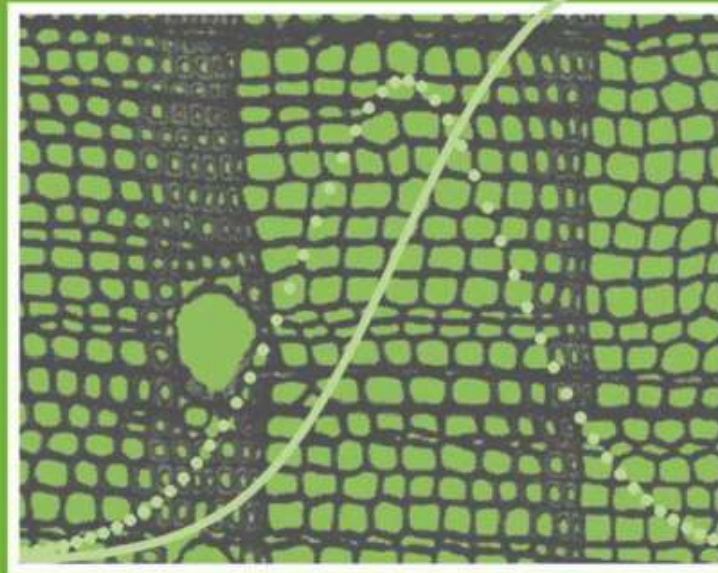


E. A. Vaganov, M. K. Hughes

E. A. Vaganov M. K. Hughes
A. V. Shashkin

Growth Dynamics of Conifer Tree Rings

Images of Past and
Future Environments



 Springer

Что нужно

Стат.
модели



Процесные
модели



Модели,
основанные
на механизмах

Спасибо за внимание

