

УДК 630*561.24+630*228.7+630*165.3

АДАПТАЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

© 2002 г. Ю. В. Савва, академик Е. А. Ваганов

Поступило 13.03.2002 г.

Ряд публикаций последних лет, основанных как на прямых, так и косвенных источниках, свидетельствует о необычном потеплении климата в последние десятилетия [1]. Несмотря на большое количество дендроклиматических исследований, реакция древесных растений на быстрые изменения климата не исследована [2]. При прогнозируемых изменениях температурного режима и увлажнения древесные растения попадают в условия, характерные для других природно-климатических и географических условий. Это может существенным образом влиять на сезонный цикл роста, скорость прохождения фенофаз и др.

Экспериментально исследовать реакцию древесных растений на быстрые изменения климатических условий позволяют географические культуры, созданные в конкретных природных условиях из семян древесных растений, собранных в разных частях их ареала [6]. Рост географических культур как бы моделирует ситуацию быстрых климатических изменений и перемещения границ природно-климатических зон.

Динамика погодичного роста и формирования годичных колец исследовалась в географических культурах сосны обыкновенной, созданных в 60-70-е годы в южной тайге и лесостепи в Красноярском крае из семян, собранных в различных регионах: от лесотундры до типичной степи и горной тайги (рис. 1). Изменчивость радиального прироста была выбрана как показатель реакции древесных растений на климатические факторы, так как, с одной стороны, при формировании годичных колец реализуется наследственно закрепленная программа дифференцировки ксилемы; с другой стороны, структура годичных колец отражает сезонную динамику основных фаз годичного развития дерева и интегрирует влияние погодных условий [7].

Измерялись ширина годичных колец, размер ранней и поздней древесины, плотность древеси-

ны (в том числе максимальная и минимальная) у не менее 25 деревьев 16 климатипов в географических культурах южной тайги и 12 климатипов в лесостепи. Все измерения выполнены на автоматизированном денситометрическом комплексе DENDRO-2000 [3]. Возрастные изменения структуры годичных колец аппроксимировались линейными или нелинейными сплайнами, для оценки реакции деревьев на климатические факторы рассчитывались соответствующие индексы относительно возрастных кривых [4]. В сравнительном анализе роста климатипов и влияния на них изменений среднемесячных значений температуры и осадков использовались коэффициенты корреляции, коэффициенты синхронности и коэффициенты чувствительности индексов показателей структуры годичных колец к климатическим факторам [3]. Рассчитывались также стандартные климатические функции отклика, которые показывают относительный вклад каждого из факторов в изменчивость анализируемого показателя годичного кольца [8]. Кластерный анализ на основе расчета нормированных евклидовых расстояний по набору независимых, климатически обусловленных показателей структуры годичных колец использовали для количественной интегрированной оценки близости климатипов [9].

В каждом из районов произрастания географических культур выделяются три группы климатипов. Первая группа образована климатипами, широтное происхождение семян которых практически совпадает с местным климатипом. Вторую группу образуют климатипы, более удаленные от района географических культур как в северном, так и в южном направлениях. Третью группу образовали климатипы из крайних северных условий произрастания (лесотундры в культурах в южной тайге и притундровых лесов в лесостепи). Выделенные группы имеют несколько различающиеся климатические функции отклика. В южной тайге у климатипов первой группы увеличение температуры апреля благоприятствует увеличению продукции клеток и формированию более широкой зоны поздней древесины. Теплая весна ускоряет рост климатипов второй группы. Увеличение осадков июля ускоряет рост

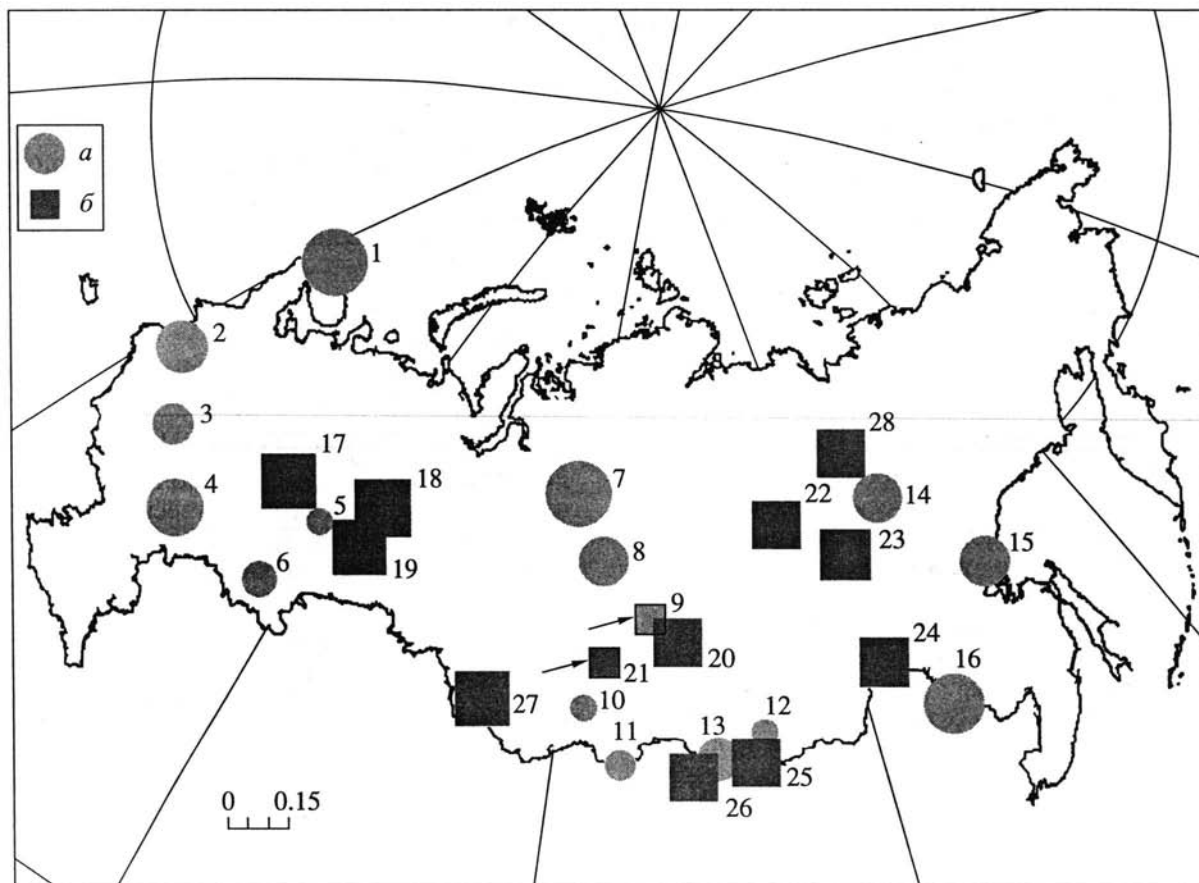


Рис. 1. Карта мест происхождения семян сосны в географических культурах южной тайги (а) и лесостепи (б). Климатипы: 1 - Печенга, 2 - Пряжа, 3 - Куровское, 4 - Никольск, 5 - Ревда, 6 - Авзян, 7 - Туруханск, 8 - Северо-Енисейск, 9 - Богучаны, 10 - Минусинск, 11 - Балгазын, 12 - Заудинск, 13 - Кяхта, 14 - Якутск, 15 - Аян, 16 - Свободный; 17 - Пермский, 18 - Свердловский, 19 - Миасский, 20 - Богучанский, 21 - Казачинский, 22 - Ленский, 23 - Олекминский, 24 - Тугдинский, 25 - Улан-Удэнский, 26 - Джидинский, 27 - Лениногорский, 28 - Сангарский. Диаметр окружностей и ширина сторон квадратов прямо пропорциональны нормализованным евклидовым расстояниям с местным климатипом.

климатипов из условий недостаточного увлажнения. В условиях роста в лесостепи повышение температуры апреля положительно сказывается на радиальном приросте всех климатипов. Повышение осадков в июле способствует увеличению доли поздней древесины у климатипов второй группы. Значимое влияние температуры мая на максимальную плотность древесины годовых колец отмечено только у наиболее северного климатипа.

Значимые различия между климатипами связаны с формированием поздней древесины. Четко прослеживается отрицательная корреляция размеров поздней древесины, ее плотности, доли поздней древесины и чувствительности ее погодичных изменений к климатическим факторам с широтой места происхождения семян (рис. 2). Северные климатипы при выращивании в южной тайге и лесостепи сохраняют способность максимального использования энергетических (терми-

ческих и световых) условий первой половины сезона роста, в то время как более южные климатипы эффективно используют также условия второй половины вегетационного периода. Это отражает "память" деревьев в географических культурах о районах их происхождения.

Несмотря на выявленные различия в реакции климатипов на факторы среды погодичная изменчивость характеристик структуры годовых колец у большинства из них показывает высокую согласованность с местным климатипом (рис. 3). Для климатипов, растущих в географических культурах в южной тайге, коэффициент корреляции достигает значений 0.7-0.9, коэффициент синхронности превышает 0.7. Сходные величины отмечаются и при сравнении климатипов в культурах лесостепи (0.8-0.9 и 0.7 соответственно). Высокие коэффициенты корреляции и синхронности свидетельствуют о том, что в погодичной изменчивости характеристик структуры годич-

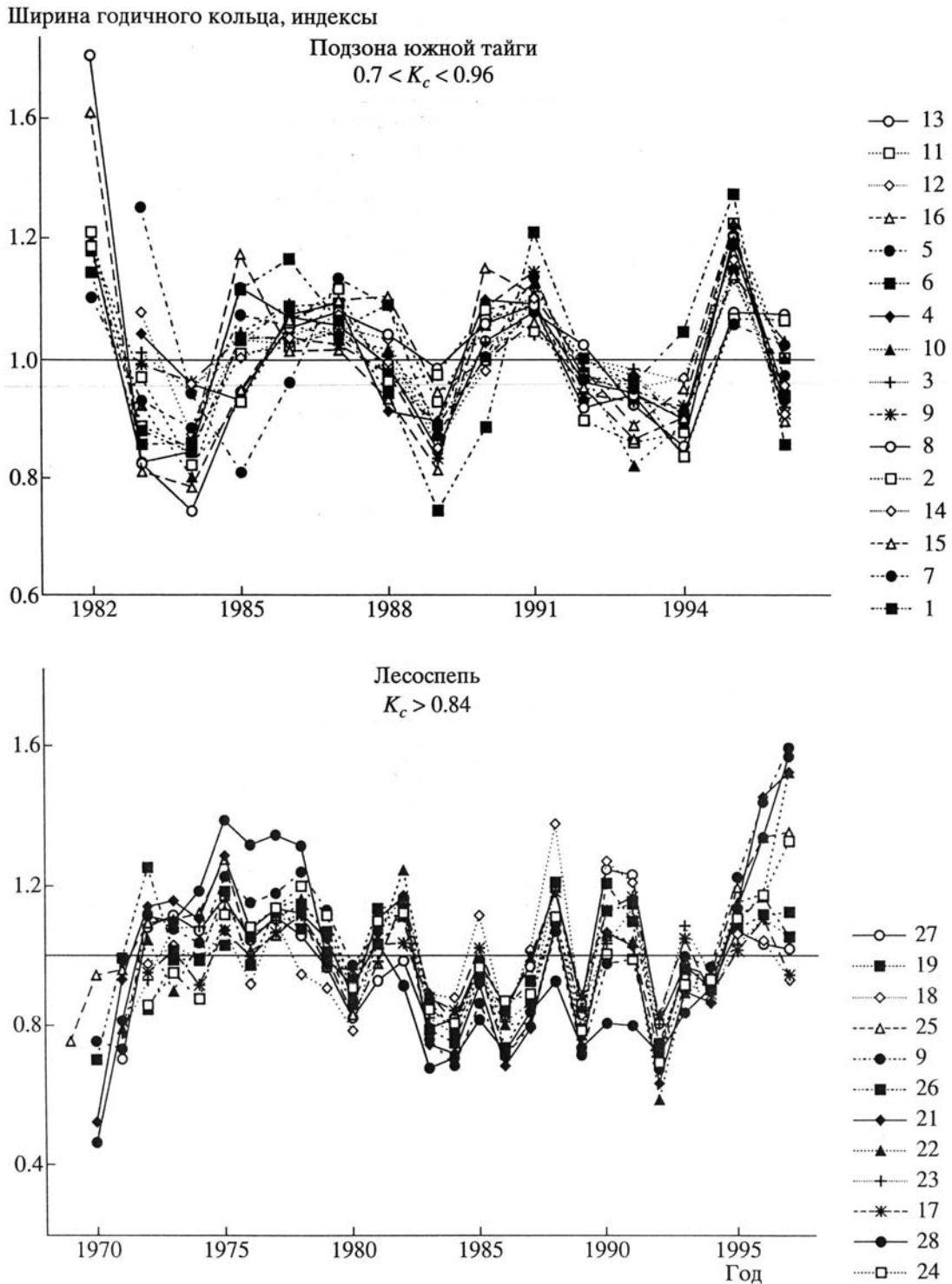


Рис. 2. Динамика индексов ширины годичных колец у разных климатипов. Нумерация климатипов в соответствии с рис. 1.

ных колец ведущую роль играют климатические условия места произрастания географических культур. Интегральная оценка евклидовых расстояний по коэффициентам корреляции и чувст-

вительности к климатическим изменениям показала, что климатипы отличаются от местных не более чем на 15-25% (оценка по расстоянию сходства).

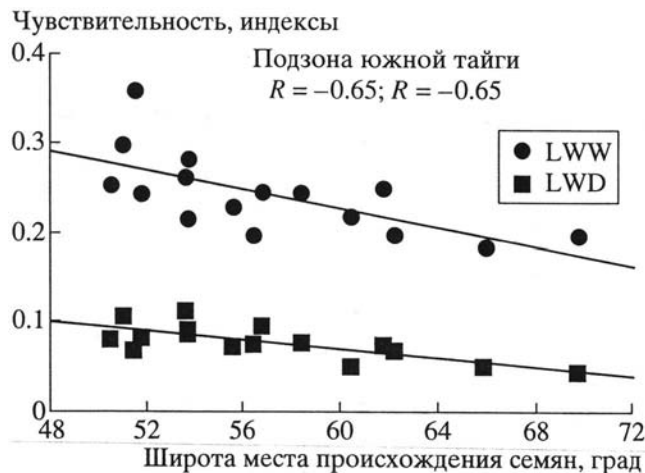


Рис. 3. Тенденции коэффициента чувствительности характеристик поздней древесины в зависимости от широты места происхождения семян сосны у климатических типов в географических культурах южной тайги. LWW - ширина поздней древесины, LWD - плотность поздней древесины.

Анализ радиального роста и структуры годовых колец географических культур свидетельствует о сохранении наследственно закрепленной реакции деревьев сосны на климатические факторы, свойственные месту их происхождения. Для древесных растений из высоких широт сохраняется ориентация на ускоренный рост в начале сезона, затем быстрый переход к формированию клеток поздней древесины и более раннему замедлению роста, чем у деревьев из средних широт. Это полностью согласуется с ранее опубликованными данными по климатическим функциям отклика древесных растений на полярной границе леса и в северной тайге [5]. Тем не менее

наследственно закрепленная способность не столь велика, что свидетельствует о значительной адаптивности сосны обыкновенной при резких изменениях климата. В дальнейшем не менее интересным представляется исследование реакции других хвойных пород, как вечнозеленых (ели), так и листопадных (лиственницы), географические культуры которых имеются в Сибири в ряде территорий таежной и степной зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mann M.E., Bradley R.S., Hughes M.K. // Nature. 1999. V. 392. P. 779-787.
2. Tchebakova N.M., Monserud R.A., Leemans R., Nazimova D.I. In: The Impact of Climatic Changes on Ecosystems and Species: Terrestrial Ecosystems. Dordrecht: IUCN, 1995. P. 67-82.
3. Schweingruber F.H. Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology. Dordrecht: Reidel, 1988. 276 p.
4. Cook E.R., Briffa K.R., Shiyatov S.G., Mazepa V.S. In: Methods of Dendrochronology. Application in the Environmental Sciences. Dordrecht: Kluwer, 1990. P. 104-123.
5. Vaganov E.A., Hughes M.K., Kirilyanov A.V. et al. // Nature. 1999. V. 400. P. 149-151.
6. Ирошников А.И., Твеленев М.В. // Лесоведение. 2001. № 4. С. 62-68.
7. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годовых колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2001. 232 с.
8. Fritts H.C. Tree-Rings and Climate. L.; N. Y.; San Francisco: Acad. Press, 1976. 576 p.
9. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. Справочник: М.: Финансы и статистика, 1989. 608 с.