

УДК 630*181.65:582.475.2

И.П. Демитрова

Демитрова Ирина Павловна родилась в 1964 г., окончила в 1986 г. Марийский политехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих производств Марийского государственного технического университета. Имеет более 20 научных публикаций.



ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЕЛИ

Проанализирован радиальный прирост зон годовых колец ели; определено влияние возраста на динамику прироста; рассчитаны индексы прироста; выделены группы деревьев, имеющие сходный «отклик» на комплекс климатических воздействий; приведена оценка восприимчивости древесными растениями воздействующих факторов.

Ключевые слова: ель, индексы прироста, возраст, климат, солнечная активность, структура древостоя.

Изучение связи роста древесных растений со средой и условиями обитания в пространстве и времени, получение достоверной информации об их реакции на изменение климата является важной проблемой как регионального, так и глобального масштаба.

Волго-Вятский регион отличается высокоразвитым промышленным производством. Он потребляет и поставляет древесные ресурсы в центральные районы. В то же время глобальные изменения климата и антропогенные факторы влияют на условия воспроизводства видов, в частности ели, южная граница которой проходит по Среднему Поволжью. В настоящее время в регионе остро стоит проблема сохранения и восстановления еловых лесов, для решения которой надо изучить и оценить влияние внешних и внутренних факторов на структуру еловых древостоев. В данной работе подобная оценка выполнена по одному признаку, а именно, по изменчивости радиального роста деревьев, составляющих древостой, применительно к конкретным климатическим условиям Марийского Заволжья в зоне интрогрессивной гибридизации ели сибирской (*Picea obovata* Ledev.) и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst. (*Picea excelsa* (Lam.) Link.)).

Целью настоящей работы является установление связей между количественными параметрами элементов годичного прироста ели и комплексом внешних (гелиофизических и климатических) и внутренних (биологических) факторов, под влиянием которых происходит формирование радиального прироста отдельных деревьев и структуры древостоя в целом.

В основу исследований положены материалы изучения хода радиального прироста модельных деревьев с пробных площадей, заложенных в

естественных древостоях распространенных типов леса: ельнике-кисличнике (пробная площадь I) и ельнике папоротниковом (II) на территории Моркинского и Семисолинского лесничеств Моркинского лесхоза республики Марий Эл. (На территории республики елью в подобных условиях произрастания занята площадь 76,573 тыс. га). На каждой пробной площади отобрано по 20 деревьев одного диаметра и высоты с одинаковыми морфологическими признаками, которые составляют большинство в древостое (II класс бонитета). Учтено расстояние между деревьями, пороки ствола. Образцы (керны) выбраны возрастным буровом на высоте 1,3 м от корневой шейки. Определены показатели макростроения. В основу погодных характеристик положены метеорологические показания метеостанции поселка Морки, ближайшей к объектам исследования (в пределах 30 км). Экспериментальные материалы обработаны общепринятыми статистическими методами [5, 10–12] в программных средах Microsoft EXCEL 97; Stat Soft Inc STATISTICA 95, USA; Manugistic Inc. STATGRAPHICS.

Об адаптивной реакции древесного организма на протяжении всего его онтогенеза можно судить только по изменчивости функциональных параметров тех или иных структурных элементов ксилемы, обеспечивающих при сложившихся условиях оптимальный рост и существование. Амплитуда изменчивости прироста характеризует потенциал дерева и степень его чувствительности к воздействующим факторам.

В результате кластерного анализа [6] в каждом древостое выделены кластеры (группы), объединяющие деревья со сходными возрастными тенденциями прироста. В условиях пробной площади I выявлены две группы деревьев. Кластер IA включает особи, имеющие сходные тенденции возрастных изменений, на долю которых приходится до 82,4 % дисперсии прироста. Кластер IB составляют деревья, отличающиеся индивидуальными особенностями возрастных изменений ($r^2 = 40,44 \dots 89,10$ %). В условиях пробной площади II структура древостоя представлена четырьмя кластерами: IIA, IIB, IIC, IID. Объясненный процент дисперсии прироста деревьев для кластеров находится в пределах 66,0 ... 77,0 %. Кластер IID составляют особи с индивидуальными особенностями.

Радиальный прирост древесины включает: тренд (долговременные изменения ширины годичного слоя, обусловленные возрастом); приросты, величины которых находятся под влиянием изменений состояния дендроценоза; приросты, контролируемые изменениями климатических факторов. В качестве моделей временного ряда – трендов использованы:

1) модифицированная крупно-волновой компонентой первая производная (2) формулы Митчерлиха (1), адекватно описывающая возрастные изменения радиальных приростов и отражающая долговременные изменения внутриценотических отношений, а также имеющая наилучшее «биофизическое обоснование» [4, 7]:

$$y = a \left[1 - \exp(-kx) \right]^b + m; \quad (1)$$

$$y' = kab \left[1 - \exp(-kx) \right]^{b-1} \exp(-kx) + m, \quad (2)$$

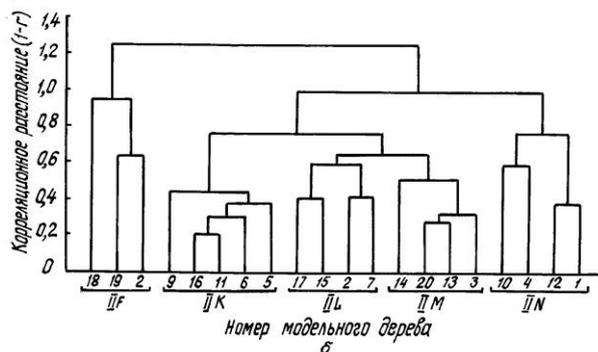
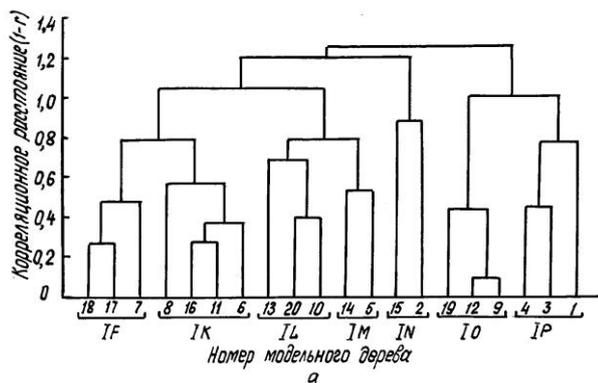
где y – прирост;
 x – возраст;
 m – крупноволновая компонента;
 k, a, b – параметры функции;

2) полином шестой степени для модельных деревьев кластера ПД.

В результате выполненных расчетов установлено, что возраст в среднем по кластеру IA объясняет до 67,56 % прироста ранней древесины и 64,37 % прироста поздней древесины модельных деревьев; по IB – соответственно 53,86 и 54,92 %; по IА – 73,25 и 65,06 %; по IB – 66,79 и 60,80 %; по IC – 49,72 и 57,33 %; по ID – 31,86 и 51,38 %.

Климатические составляющие прироста рассчитывали как вариативность этого признака относительно выделенного многолетнего тренда, позволяющего исключить фактор возраста и внутриценотические изменения. Индексы прироста получены делением абсолютной величины прироста за каждый год на значение прироста за тот же год, рассчитанное по уравнению тренда. Индекс отражает изменчивость приростов в относительных безразмерных величинах [1, 2, 8, 9].

В результате кластерного анализа индексов прироста елей пробной площади I (рисунок, а) выделено 7 групп деревьев, имеющих сходный



Дендрограмма кластерного объединения модельных деревьев ельничника-кисличника (а) и ельничника папоротникового (б) по индексам прироста

«отклик» на комплекс внешних воздействий: кластер IF образуют 15 % деревьев ($r = 0,632 \dots 0,725$), кластер IK – 20 % ($r = 0,512 \dots 0,715$), кластер IL – 15 % ($r = 0,500 \dots 0,595$), кластер IM – 10 % ($r = 0,463$), кластер IN – 10 % ($r = 0,200$), кластер IO – 15 % ($r = 0,577 \dots 0,906$), кластер IP – 15 % ($r = 0,337 \dots 0,547$).

При кластерном анализе индексов прироста годичных колец елей пробной площади II выделено 5 кластеров (рисунок, б): кластер IF включает 15 % деревьев ($r = 0,196 \dots 0,361$), кластер IK – 25 % ($r = 0,575 \dots 0,790$), кластер IL – 20 % ($r = 0,498 \dots 0,590$), кластер IM – 20 % ($r = 0,519 \dots 0,715$), кластер IN – 20 % ($r = 0,246 \dots 0,614$).

К наиболее важным характеристикам климата, оказывающим влияние на дендроценозы в условиях Среднего Поволжья, относят температуру месяцев вегетации, сумму температур (Σt), сумму осадков, влажность воздуха, солнечную активность (выраженную числами Вольфа). Коэффициент варьирования среднемесячных температур находится в диапазоне от 10 % в июле до 75 % в октябре. Коэффициент варьирования суммы осадков за все месяцы года составляет от 40 % в ноябре до 64 % в мае (наименьший коэффициент варьирования (21 %) отмечен для суммы осадков за осенне-зимний период гидрологического года, предшествующего периоду вегетации, средняя сумма осадков которого по годам изучаемого отрезка времени жизни дерева составляет 236,3 мм (min–139,0 мм, max–356,4 мм)). Коэффициент вариации показателя влажности воздуха очень мал в сравнении с предыдущими климатическими факторами и находится в пределах от 3,7 % в декабре до 20,8 % в феврале. Наибольшая влажность воздуха в августе (73,24 %), наименьшая – в мае (60,87 %).

Но ни один из этих внешних факторов не определяет существование и рост растения. Воздействие комплекса факторов на прирост древесины в годичном кольце елей находили методом множественного регрессионного анализа, т. е. устанавливали зависимость значений индексов прироста Y (зависимая переменная) от факторов X_1, X_2, \dots, X_m (факторные переменные – метеорологические показатели текущего и предыдущего годов, солнечная активность, приросты ранней и поздней древесины текущего и предыдущего годов).

Влияние климатических факторов на радиальный прирост ранней и поздней древесины нашло оптимальное выражение в мультипликативном типе модели, где факторные и результативные признаки выражены для сопоставимости в одинаковых единицах, что позволило выявить величину влияния факторной нагрузки на зависимую переменную [10]:

$$Y = aX_1^{a_1} X_2^{a_2} \dots X_i^{a_i}, \quad (3)$$

где a_i – коэффициент регрессии при X_i факторе ($i = 1 \dots m$ – число искомых параметров; m – число факторных признаков).

Полученные модели индексов прироста значимы на 97 %-м уровне.

Из анализа результатов следует, что для формирования ранней и поздней древесины в условиях ельника-кисличника наиболее важны два параметра месяцев вегетации текущего года: влажность и температура. Кроме того, для формирования ранней древесины – это также осадки текущего и предыдущего годов, для поздней – температура и осадки предыдущего года. По силе факторной нагрузки наибольшее значение для формирования ранней древесины имеют влажность воздуха июля (для деревьев кластеров IF, IM, IO, IP), влажность воздуха мая текущего года (IL) и влажность воздуха июля предыдущего года (IK, IN).

Приросты древесины предыдущего года также значимы для деревьев всех кластеров, но факторная нагрузка их различна и чаще на несколько порядков ниже максимальной. Для поздней древесины параметры влажности воздуха также несут максимальную факторную нагрузку. Для деревьев кластеров IM, IN, IF и IP это соответственно влажность воздуха июля и сентября, июля, сентября, августа текущего года; для представителей кластеров IL и IO – это влажность воздуха августа и июня предыдущего года. Параметры предыдущего прироста значимы для деревьев всех кластеров, кроме IK, IL, IM, у которых большое значение для формирования поздних трахеид играют приросты ранней зоны текущего года, а для IK этот параметр является определяющим.

Факторная нагрузка солнечной активности различна и слабее, чем от влажности, значима в моделях приростов ранней (кластеры IN, IO, IP) и поздней (кластер IN) древесины деревьев.

На радиальные приросты елей, сформированных в условиях пробной площади II оказывают влияние чаще всего погодные факторы текущего года. Влажность воздуха июня, августа и июня предыдущего года – наиболее важные факторы по силе воздействия для приростов ранней древесины деревьев кластеров III, IIM, IIK. Для приростов поздней древесины наиболее значимыми факторами по силе воздействия являются влажность воздуха августа (кластер IIF), июля (IIM), сентября (IIN) и июля предыдущего года (IIL), температура июля (IIK). Приросты предыдущего года также значимы в моделях, но только для приростов ранней древесины деревьев кластера IIF этот параметр наиболее существенен.

Таким образом, деревья, имеющие одинаковые морфологические характеристики, возраст, положение в древостое не одинаковы по изменениям радиального прироста с возрастом. Влияние возраста и внутриценотических отношений на формирование поздних зон годичного кольца меньше, чем на формирование ранних зон. Внутри древостоя имеются деревья или группы деревьев, отличающиеся степенью восприятия климатических, гелиофизических и биологических факторов. Характеристики влажности воздуха чаще всего оказывают наибольшее влияние на радиальный прирост ели в изучаемых условиях произрастания. При этом набор значимых для прироста факторов дифференцирован по кластерам и макроструктурным элементам годичного кольца, а также по величине факторной нагрузки. Каждое дерево отличается индивидуальными значениями изменчивости прироста,

обусловленными влиянием климатических факторов. В условиях ельника-кисличника климатические факторы вызывают большую изменчивость индексов прироста, уменьшающуюся с возрастом, чем в условиях ельника папоротникового.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко В.Н., Зушинская Т.М., Ловелиус Н.В., Сазонов Б.И. О квазиритмичности дендрохронологических индексов // Дендроклиматохронология и радиоуглерод: Материалы 2-го Всесоюзного совещания. – Каунас, 1972. – С. 141–147.
2. Битвинская Т.Т. Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 172 с.
3. Демаков Ю.П. Рост и изреживание древостоев: биологическая сущность, математические модели, управление. – Йошкар Ола: МарГТУ, 1999. – 261 с. – Деп. в ВИНТИ 29.10.99. № 3230 – В99.
4. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
5. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 389 с.
6. Кивисте А.К. Функции роста леса. – Тарту: Эстонская сельскохозяйственная академия, 1988. – 171 с.
7. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев // Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. – Л.: Наука, 1979. – 230 с.
8. Мазена В.С. Метод расчета индексов годовичного прироста обобщенного дендроклиматологического ряда // Экология. – 1982. – № 3. – С. 21–27.
9. Общая теория статистики / Под ред. П.А. Спирина. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 296 с.
10. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 150 с.
11. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
12. Шиятов С.Г. Дендрохронология, ее принципы и методы // Проблемы ботаники на Урале. – Свердловск: УФАН СССР, 1973. – С. 53–81.

Марийский государственный технический университет
Поступила 18.06.02

I.P. Demitrova

Influence of Climatic and Biological Factors on Radial Increment of Spruce

The radial increment of spruce annual rings is analyzed; the influence of age on the increment dynamics is determined. The increment indices are calculated; the tree groups are selected having similar response to climatic effect complex; the assessment of wood plants sensibility to affecting factors is given.