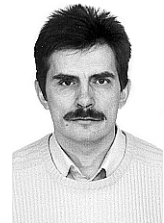


УДК 630*561.1

В.Г. Руссков

Руссков Виталий Георгиевич родился в 1963 г., окончил в 1985 г. Сибирский технологический институт, аспирант Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет 4 печатные работы по изучению особенностей хода роста сосны обыкновенной и экологической оценке сосновых насаждений по Енисейскому меридиану.



ОСОБЕННОСТИ РОСТА В ВЫСОТУ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Изучена изменчивость долговременной тенденции и периодических составляющих роста сосны обыкновенной в высоту. Выявлена ведущая роль внутриценотических факторов по сравнению с абиотическими.

Ключевые слова: ход роста, высота, временной тренд, периодичность, функция Митчерлиха.

В лесной таксации принято различать ход роста деревьев по высоте и диаметру. Подбор математической модели целесообразно начать для хода роста по высоте, поскольку это стабильный признак растительного организма, по которому идет естественный отбор, в отличие от диаметра, варьирующего намного сильнее. Некоторые исследователи отмечают большее влияние климатических факторов на ход роста по диаметру, чем по высоте. Высота деревьев в первую очередь отражает изменение условий местопрорастания и меньше – густоты насаждений [3, 5]. Кроме того, не случайно в основе бонитетной шкалы лежит средняя высота древостоев в определенном возрасте. Несмотря на то, что закономерности изменения этого показателя отражены в многочисленных таблицах хода роста, до сих пор нет полной математической модели процесса, учитывающей, кроме возраста древостоя, внутриценотические и климатические факторы.

Первое количественное описание процесса роста организмов сделал более 100 лет назад ботаник Ю. Сакс. Он показал, что кривая изменения размеров растений в течение их жизненного цикла, или большого периода роста, имеет характерную S-образную форму и четко выраженную верхнюю асимптоту. Кривая текущего прироста, являющаяся первой производной функции роста размеров организма, асимметрично колоколообразна; начинаясь с малой величины, прирост постепенно увеличивается, достигая в определенном возрасте максимального значения, а затем гиперболически снижается, приближаясь к нулю. В последующем эта закономерность была многократно подтверждена другими исследователями.

Исходя из современных взглядов, ход роста отдельного древесного организма довольно сложен. Его полная математическая модель представляет собой некоторую аддитивно-мультипликативную смесь функций воз-

растного тренда (A), сложной волновой составляющей (W) и случайной «шумовой» компоненты (Z), т. е. имеет вид: $Y_i = A_i + W_i + Z_i$ [1].

Особенно важно выделить временной тренд – ось большого жизненного цикла роста дерева, от которой происходят отклонения в процессе его развития. От функции возрастного тренда полностью зависят результаты определения ритмических составляющих.

Для описания временных рядов сроком до 160 лет лучше всего подходят функции Митчерлиха и Вейбулла, которые обеспечивают примерно одинаковую и довольно высокую точность аппроксимации исходных данных о ходе роста древостоев в высоту. Это полностью подтверждает выводы других исследователей [3]. На данном временном отрезке трудно отдать предпочтение какой-либо одной из функций, так как они описывают эмпирические данные со средней ошибкой меньше текущего годовичного прироста.

Факторы, влияющие на периодичность прироста, можно условно разделить на пять групп:

- 1) климатические;
- 2) внутриценотические, т. е. возникающие при взаимодействии между отдельными деревьями в древостое;
- 3) генетические, которые, по мнению некоторых авторов, вносят на разных этапах до 30 % всей изменчивости прироста в высоту;
- 4) фауна (насекомые), в частности фитофаги;
- 5) антропогенные, связанные с высокой посещаемостью лесов и влиянием выбросов промышленных предприятий.

Данная работа посвящена познанию закономерностей этого явления. В рамках исследования в Минусинских ленточных борах были заложены пять пробных площадей, на которых производили сплошной пересчет с отбором 12 ... 16 моделей деревьев различных классов роста. У моделей замеряли годовичные приросты в высоту. На одной пробной площади 39 моделей закартированы и срублены, чтобы установить взаимосвязь между цикличностью прироста и пространственным положением деревьев. В Красноярском заповеднике «Столбы», в различных частях ветровальников 2004 г., были заложены шесть пробных площадей, отличающихся по степени посещаемости. В нашу задачу входило исследовать эти площади, средние таксационные характеристики древостоя, его возрастную структуру и ход роста отдельных деревьев (моделей) в высоту. Попутно сравнивали ход роста деревьев различного возраста для оценки возможного влияния изменений климата.

Для аппроксимации роста в высоту использовали известную формулу А. Митчерлиха

$$H = b_1 \{1 - \exp[-1(b_2 A)]\}^{b_3}, \quad (1)$$

где H – текущая высота;

b_1 – предельная высота дерева (независимая переменная);

b_2, b_3 – параметры крутизны и формы кривой (зависимые переменные);

A – возраст дерева.

Ранговая корреляция Спирмена

b_1 и b_2	b_1 и b_3	b_2 и b_3
0,30	-0,46	0,44
-0,82	-0,53	0,79
-0,60	-0,13	0,75
-0,63	-0,24	0,85
-0,75	-0,67	0,95
-0,68	-0,57	0,95

Параметры уравнения А. Митчерлиха (1) довольно тесно взаимосвязаны (см. таблицу). Между параметрами формулы А. Митчерлиха (1) рассчитан коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Чтобы систематизировать полученные кривые, находили взаимосвязи между параметрами формулы А. Митчерлиха с использованием уравнения степенной функции типа

$$y = n_1 H_{\max}^{n_2},$$

где n_1, n_2 – параметры;

H_{\max} – предельная высота, или b_1 .

Поскольку на двух пробных площадях древостои разновозрастные (деревья 60 и 100 лет), их разделили на поколения и рассчитали зависимости. В итоге получили нормированные кривые в диапазоне реальных максимальных высот древостоев пробных площадей. Далее исследовали отклонения фактических значений от расчетных, так как они несут определенный объем информации.

Полученные отклонения выравняли гармонической функцией

$$ZH = c_1 \cos(6,28A/c_2) + c_3 \sin(6,28A/c_2), \quad (2)$$

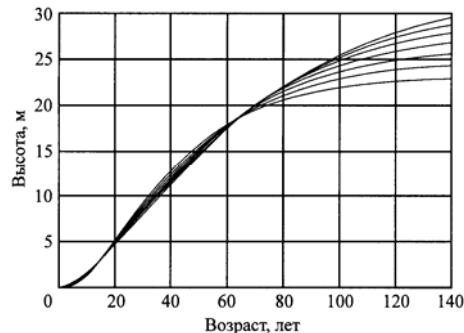
где ZH – выровненные отклонения от кривой роста;

c_1 – период, лет;

c_2, c_3 – коэффициенты формы и амплитуды.

При анализе полученных данных выяснилось, что для одновозрастных насаждений дважды наблюдается переверт пучка нормированных кривых возрастного тренда (рис. 1). Господствующие деревья до 15 ... 20 лет существенно обгоняют в росте других. В последующем, от 20 до 60 лет, оставшие догоняют и даже опережают господствующих, что, в свою очередь, приводит к быстрому исчерпанию ресурсов организма и, как следствие, последующему замедлению роста. Вероятно, чем интенсивнее растет организм, реализуя свои потенциальные возможности, тем раньше он стареет, вступая в противоречие со средой, ресурсы которой ограничены. Это приводит к падению темпов текущего прироста. Таким образом, силы роста всегда уравновешиваются силами противодействия среды, благодаря чему обеспечивается устойчивость динамической системы.

Рис. 1. Нормированные кривые в диапазоне реальных максимальных высот на ПП 1, 2005 г.



Упорядоченность кривых большого роста выражается во взаимосвязи параметров b_1 , b_2 и b_3 функции Митчерлиха (1). Тесная связь между параметрами b_2 и b_3 говорит о том, что в трехмерном пространстве функции времени они лежат в одной плоскости, а при проекции на оси наблюдается разброс значений текущего прироста в одном и том же возрасте. По мнению Ю.П. Демакова [2], при использовании функции Митчерлиха (1) система классификации кривых роста должна иметь как минимум три уровня (входа): b_1 (верхний предел), b_2 (крутизна), b_3 (форма). Эти три параметра отражают все многообразие форм кривых роста и являются главными классификационными признаками при делении насаждений на классы производительности, объективно отражающими качество среды обитания.

Чтобы оценить влияние генетического фактора на текущий прирост, анализировали вариацию нормированных кривых вокруг среднего в возрасте 10 лет, когда еще нет смыкания крон и корневых систем и для приблизительно одинаковых условий внешней среды различия могут быть объяснены в большей степени генетикой. Коэффициент вариации признака составляет 5,5 ... 49,0 %, в среднем 17,0 %, т. е. имеет место как узкий, так и почти на порядок больший диапазон варьирования признака. Это позволяет сделать вывод, что при узком диапазоне в ходе развития сохранились деревья с генетическими свойствами, соответствующими определенным условиям местопроизрастания, остальные элиминировали в ходе онтогенеза. При широком диапазоне условия произрастания не были столь критичны к генетическим свойствам.

Остатки между расчетными и эмпирическими рядами данных исследований, как отмечалось ранее [4], имеют ярко выраженную периодическую структуру (рис. 2) и в большинстве своем сдвинуты по оси времени относительно друг друга (рис. 3). Существует связь коэффициентов уравнения Мит-

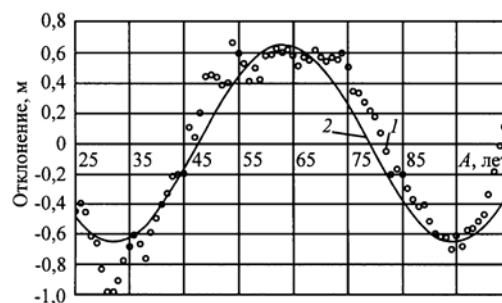
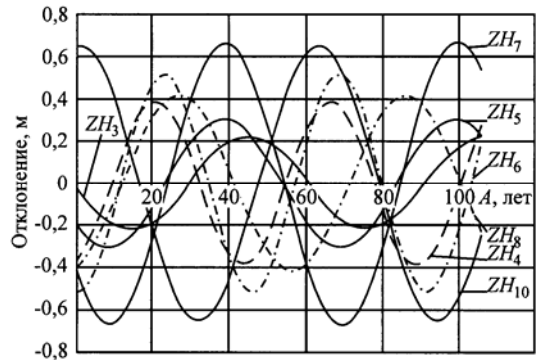


Рис. 2. Фактические (1) и выровненные (2) отклонения показателей роста в высоту для модельного дерева № 10 на ПП 1, 2004 г.

Рис. 3. Выровненные значения периодических отклонений показателей роста деревьев по высоте от кривой роста ($ZH_3 - ZH_{10}$ – выровненные кривые для моделей № 3 – 10 на ПП 2, 2004 г.)



черлиха (1) и гармонической функции (2). Наиболее значительна связь между коэффициентом b_1 – предельной высотой дерева и c_1 – периодом гармонической функции (2). Следовательно, можно предположить, что с увеличением высоты дерева растет и период колебаний отклонений от кривой роста. Анализ показывает как синхронность, так и асинхронность роста близких деревьев. Коэффициент детерминации колеблется от $-0,9$ до $+0,9$. Другими словами, ходу роста в высоту присущ волновой характер, имеют место автоколебания, что способствует повышению устойчивости древостоя к внешним воздействиям.

Влияние внешних факторов, в частности осадков и температуры, оценивали на основании данных Минусинской метеостанции за 80 лет. По нашему мнению, влияние этих факторов среды имеет каналный эффект [4], т. е. древостой, растущий в определенных лесорастительных условиях, приспособился к существующему гидротермическому режиму; если эти условия не выходят за рамки оптимальных, то реакция незначительна.

Если брать в целом взаимосвязь между осадками и температурой, с одной стороны, и приростом в высоту – с другой, то коэффициент детерминации на протяжении всей жизни деревьев находится на уровне $0,30$. Наиболее вероятная причина отклонений лежит во взаимодействии деревьев друг с другом (преобладают внутриценотические факторы).

Выводы

1. В ходе роста в высоту меняются темпы прироста деревьев и их статус в древостое, на что указывает переверот пучка нормированных кривых.
2. Отклонения от кривой роста имеют ярко выраженный гармонический характер. Они обусловлены, прежде всего, внутриценотическими факторами, а внешние условия (температура и осадки) слабо влияют и сглаживаются неодинаковой реакцией на них различных деревьев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демаков, Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методические и методологические аспекты) [Текст] / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола, 2000. – 415 с.

2. Демаков, Ю.П. Изменчивость и классификация форм кривых хода роста деревьев в онтогенезе [Текст] / Ю.П. Демаков // Лесн. журн. – 2002. – № 4. – С. 33–40. – (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Кузьмичев, В.В. Закономерности роста древостоев [Текст] / В.В. Кузьмичев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 160 с.

4. Руссков, В.Г. Исследование особенностей роста в высоту сосны обыкновенной [Текст] / В.Г. Руссков // Лесная таксация и лесоустройство. – Красноярск, 2004. – № 1 (33). – С. 34–37.

5. Sato, T. Forest biomass Hague etc [Text] / T. Sato, H. Madgwick. – 1982. – 150 p.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Поступила 14.03.06

V.G. Russkov

Forest Institute named after V.N. Sukhachev, Siberian Branch of RAS

Peculiarities of Scotch Pine Elongation in Eastern Siberia

The variability of long-term tendency and cyclic constituents of the Scotch pine elongation is studied. The leading role of intra-coenotic factors in comparison with abiotic ones is revealed.

Keywords: growth progress, height, time trend, periodicity, Mitcherlich function.
