

Водоудерживающая способность листьев может свидетельствовать о разном содержании белков и других веществ в листьях.

Таблица 5

Водоудерживающая способность листьев бархата амурского в ареале и районе интродукции

Район произрастания	Характеристика вегетационного периода	Относительная влажность листьев, %		Водоудерживающая способность за 2 ч, %	
		мужских особей	женских особей	мужских особей	женских особей
Хабаровский край	Теплый, умеренно влажный	70,6	67,3	93,35	94,69
Марийская АССР	Избыточно теплый, сухой	68,3	66,4	89,20	90,03
	Недостаточно теплый, влажный	66,5	65,27	94,60	94,90

По данным табл. 5 изменения показателей относительной влажности очень близки во всех вариантах исследования как на родине бархата амурского, так и в районе его интродукции. В обоих случаях несколько выше водоудерживающая способность у женских особей, чем у мужских.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что целесообразность интродукции бархата амурского в Марийскую республику, т. е. в левобережье Средней Волги, обоснована.

Процессы жизнедеятельности листьев в условиях интродукции проходят в параметрах, близких к аналогичным в районе ареала. Резких отклонений не обнаруживается, если особи растут в условиях достаточного освещения и почвенного питания.

Интродуцировать бархат амурский следует не только с целью получения пробки, которая в ряде случаев с успехом заменяется искусственной, но, что важнее, как ценный медонос и высокоэффективное лекарственное растение.

Поступила 22 апреля 1986 г.

УДК 630*5

МОДЕЛЬ РОСТА ДРЕВОСТОЕВ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

А. Л. ГУТМАН, М. А. ГУТМАН

Воронежский лесотехнический институт

1. К настоящему времени создано много моделей роста древостоев. Так, Н. Н. Свалов [2] приводит 13 функций, применявшихся для моделирования роста древостоев в высоту, первая из которых относится к 1878 г., последняя — к 1974 г. Он же приводит результаты анализа большей части приведенных функций другими авторами и на большом экспериментальном материале исследует три наиболее подходящие из них:

Корсунь (1935)

$$y = \frac{t^2}{a + bt + ct^2}; \quad (1)$$

Дракин и Вуевский (1940)

$$y = a(1 - e^{-kt})^m; \quad (2)$$

Корсунь (1935), Асмани и Франц (1964)

$$\lg y = a + b \ln t + c \lg^2 t, \quad (3)$$

где

y — высота;

t — возраст;

a, b, c, k, m — параметры роста, биологический смысл которых авторы не приводят.

Основными критериями при этом являлись: точность аппроксимации экспериментальных данных указанными функциями во всех возрастах древостоя; пригодность предлагаемых функций для экстраполяции за пределы возраста, до которого удается построить выборку пробных площадей; удобство их применения.

К этим основным критериям Н. Н. Свалов добавляет критерий, связанный с разработанным им способом построения пучка кривых высот классов бонитета, в котором функции (1), (2), (3) используют для выравнивания как высот, так и стандартных отклонений.

Как отобранные в качестве лучших функций (1), (2), (3), так и другие функции, применявшиеся для выравнивания высот, подбирали на основе интуитивных соображений и опыта их применения к находящемуся в распоряжении авторов экспериментальному материалу.

Представляется целесообразным получение модели роста древостоя на основе биогеофизических представлений о потоках энергии и вещества в древостое и исследование ее пригодности по приведенным критериям. Такая модель должна обладать большей общностью по сравнению с предложенными ранее, а ее параметры — четким биофизическим смыслом.

Первая биогеофизическая модель динамики запаса насаждений была построена Г. Ф. Хильми [4] для древостоев в режиме максимального поглощения световой энергии, т. е. начиная с возраста, когда формирование крон древостоя можно считать полностью законченным. В области применимости модель давала хорошее согласие с опытными данными, однако неприменимость для молодых древостоев с несформировавшимися кронами ограничивает ее практическое использование. В настоящей работе предпринимается попытка построить биогеофизическую модель, лишенную этого недостатка, и сравнить с моделями (1), (2), (3) по указанным критериям и на экспериментальном материале, приведенном в монографии Н. Н. Свалова [2].

2. Используя законы сохранения энергии и вещества, нетрудно получить следующее дифференциальное уравнение динамики запаса насаждений:

$$dv = \frac{\lambda(t)}{\gamma} dt - dw, \quad (4)$$

где dv — прирост биомассы насаждения за время dt на единичной площади насаждения;

dw — потребленная насаждением биомасса на единичной площади насаждения за время dt , необходимая для обеспечения его жизнедеятельности (дыхание, опад и т. д.);

$\lambda(t)$ — поток физиологической радиации, поглощаемой насаждением за время dt ;

γ — фитопроизводительность насаждения — количество световой энергии, необходимой для производства единицы биомассы.

Это уравнение было получено Г. Ф. Хильми [4] с той лишь разницей, что в соответствии с поставленной им задачей — описать насаждение в режиме максимального потребления световой энергии — поток

физиологической радиации λ полагался постоянным. Нам же надлежит определить конкретный вид зависимости $\lambda(t)$ и решить полученное таким образом уравнение (4).

Поглощаемый насаждением поток физиологической радиации при фиксированных внешних (географических и климатических) условиях определяется степенью развитости зеленых органов насаждения — так называемым индексом листовой поверхности. Последний равен отношению суммарной площади всех листьев к площади поверхности почвы и определяется для данного вида насаждения биомассой листьев. Динамика биомассы листьев с возрастом древостоя сводится к следующему [1]. В молодом древостое доля биомассы зеленых органов велика, по мере роста насаждения она падает. Наконец, наступает такой этап, когда прирост листы прекращается, и происходит лишь ее сезонное обновление. Отсюда следует, что скорость роста индекса листовой поверхности от некоторой максимальной снижается до нуля. Соответственно изменяется и скорость роста поглощаемой насаждением физиологической радиации. Простейший вид зависимости, соответствующий этой динамике:

$$\frac{d\lambda}{dt} = M - \alpha\lambda, \quad (5)$$

где $\frac{d\lambda}{dt}$ — скорость роста поглощаемой радиации;

M — максимальное значение этой скорости, соответствующее началу роста насаждения ($t = 0$);

α — доля поглощаемой радиации, на которую уменьшается ее прирост за время dt .

К уравнению (5) нужно прибавить начальное условие, соответствующее отсутствию поглощения радиации в начальный момент времени:

$$\lambda|_{t=0} = 0. \quad (6)$$

Решение уравнения (5) при начальном условии (6) имеет вид

$$\lambda(t) = \lambda_m (1 - e^{-\alpha t}); \quad \lambda_m \equiv \frac{M}{\alpha}, \quad (7)$$

где λ_m — максимальное значение поглощаемой радиации при закончившемся развитии зеленых органов.

Затем необходимо установить зависимость потребляемой насаждением биомассы dw от других функций, входящих в уравнение (4). Воспользуемся для этой цели естественным допущением, принятым Г. Ф. Хильми, согласно которому необходимое для обеспечения жизнедеятельности насаждения потребление биомассы в единицу времени пропорционально его биомассе:

$$\frac{dw}{dt} = \beta v. \quad (8)$$

Подставив (7) и (8) в (4), получим дифференциальное уравнение искомой модели:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\lambda_m}{\gamma} (1 - e^{-\alpha t}) - \beta v. \quad (9)$$

Начальным условием для него является равенство нулю биомассы насаждения в начальный момент времени

$$v|_{t=0} = 0. \quad (10)$$

Уравнение (9) при начальном условии (10) имеет решение

Ошибки уравнений и выравненные высоты

Но- мер урав- нения	Ошибка, м	Высота, м, в возрасте, лет											
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	
1	0,511	7,20	11,64	14,13	19,41	20,24	22,07	23,02	23,54	24,00	24,00	25,52	25,20
2	0,828	7,30	11,61	15,23	18,05	20,19	21,78	22,95	23,79	24,41	24,41	25,17	25,56
3	0,522	6,73	11,62	15,55	18,43	20,48	21,94	23,00	23,78	24,37	24,37	25,19	25,70
11	0,482	7,25	11,70	15,33	18,16	20,31	21,93	23,12	23,96	24,56	24,56	25,13	25,18
		7,283	11,789	15,487	18,323	20,427	21,959	23,065	23,858	24,425	24,425	25,118	25,470

$$v = A \left(1 - \frac{\alpha}{\alpha - \beta} e^{-\beta t} + \frac{\beta}{\alpha - \beta} e^{-\alpha t} \right), \quad (11)$$

$$\text{где} \quad A = \frac{\lambda_m}{\beta \gamma}. \quad (12)$$

Формула (11) является искомой моделью динамики запаса насаждения. Отметим биофизический смысл входящих в нее параметров. Поскольку из нее следует, что

$$v/t \rightarrow \infty = A, \quad (13)$$

постольку A представляет собой предельную биомассу насаждения, которую оно приобретает в конце жизненного цикла.

Как следует из формул (4) и (5), параметр α характеризует скорость, с которой насаждение достигает режима максимального поглощения световой энергии. Количественно он равен доле поглощаемой радиации, на которую уменьшается ее прирост за время dt .

Параметр β , определяемый формулой (8), равен доле биомассы насаждения, которую оно потребляет для обеспечения своей жизнедеятельности за время dt , и характеризует скорость выхода насаждения на предельную биомассу A .

3. Функция (11) при положительных параметрах α и β в области $t > 0$ не имеет экстремумов, имеет одну точку перегиба и асимптоту $v = A$, т. е. представляет собой еще одну аппроксимацию так называемой S-образной кривой, характерной для зависимости запаса, других таксационных показателей насаждений от их возраста, а также динамики численности популяции, исследованной в экологии. Нетрудно убедиться, что по второму из перечисленных критериев эта аппроксимация не хуже функций (1)–(3), по третьему критерию она может претендовать на превосходство по сравнению с ними, так как представляет собой сумму двух быстро считааемых на ЭВМ однотипных функций и постоянного числа:

$$v = A + B e^{-\alpha t} + C e^{-\beta t}, \quad (14)$$

$$\text{где} \quad B \equiv \frac{A\beta}{\alpha - \beta}; \quad C \equiv -\frac{A\alpha}{\alpha - \beta}. \quad (15)$$

Таким образом, решающее значение для практического использования имеет проверка точности предлагаемой модели.

Общепринятым определяющим классификационным признаком производительности древостоев является их высота. Поэтому точность модели проверяли при использовании ее для выравнивания высоты*.

* Возможность применения биофизической модели Г. Ф. Хильми для описания динамики не только запаса, но и других таксационных показателей была установлена В. В. Успенским [3]. Полагаем, что модель (11), (14) сохраняет это свойство.

Выравнивание проводили методом наименьших квадратов. Оптимальные значения параметров уравнения (11), минимизирующих средневзвешенную квадратичную ошибку уравнения, оказались равными: $A = 25,8314$ м; $\alpha = 0,0875269$ 1/год; $\beta = 0,0340075$ 1/год.

Выравненные высоты и средняя ошибка уравнения приведены в пятой строке таблицы. Первая строка в этой таблице дает средние опытные значения высот; вторая, третья и четвертая — выравниваемые высоты и ошибки уравнений для модели (1), (2), (3). Первые четыре строки заимствованы у Н. Н. Свалова.

Из таблицы видно, что ошибка предлагаемой модели меньше ошибок лучших моделей, отобранных Н. Н. Сваловым.

Таким образом, предложенная биогеофизическая модель роста древостоев по указанным критериям в целом превосходит известные функции для моделирования роста древостоев в высоту. Ее существенным дополнительным достоинством является четкий биофизический смысл параметров. Возможности применения модели для изучения динамики запаса и других таксационных показателей на примерах конкретных насаждений будут показаны в отдельной работе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лахер В. Экология растений.— М.: Мир, 1978.— 384 с. [2]. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 216 с. [3]. Успенский В. В. Об использовании метода Г. Ф. Хильми при построении таблиц хода роста.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1971, № 4, с. 15—19. [4]. Хильми Г. Ф. Теоретическая биогеофизика леса.— М.: АН СССР, 1957.— 206 с.

Поступила 15 августа 1985 г.

УДК 630*902

ИСТОРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ УНЖЕНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В. И. МАЛЬЩУКОВ

Чернолуховский опытный лесхоз Костромской области

В архивных материалах ряда лесничеств, расположенных на территории Макарьевского района Костромской области, нам удалось найти лесоустроительные материалы, отражающие состояние лесного фонда на территории нынешнего Макарьевского района, начиная с 1872 г., с первой инвентаризации. Пользуясь этими материалами, мы попытались проследить за сменой категорий лесных площадей, за изменением состава и возрастной структуры древостоев и выявить причины произошедших за 100 лет изменений.

Для детального исследования мы выбрали контур площадью 3540 га, включающий 34 квартала, границы которых не менялись с 1872 г. Последнее обстоятельство позволяет с большой точностью восстанавливать во времени таксационные характеристики каждого выдела.

Выбранный участок находится на территории Коршунского лесничества Макарьевского мехлесхоза; ранее он относился к Салаватовской лесной даче. Эта территория интересна по многим причинам. Произрастающие на участке древостои разнообразны по составу; из-за пестроты условий произрастания сформировались различные типы леса. Не покрытые лесом площади, входящие в контур (болота, водоемы, сенокосы), также менялись во времени и пространстве, отражая изменения лесного фонда.