

Лекция 5. БИОФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РОСТА ЛЕСА

Рост и развитие лесного насаждения зависят от его генетических и физиологических характеристик, экологических условий существования. Наиболее значительный фактор, определяющий рост растений, – это питание как источник минеральных и органических соединений, необходимых организму, и как энергетическая основа его жизнедеятельности.

Источником энергии для всех видов растений является физиологически активная радиация солнечного излучения (ФАР). Фотосинтез представляет собой универсальный способ усвоения радиации. Количество усвоенной растениями энергии измеряется по запасу органического вещества в ценозе [30].

Существует много различных эмпирических и феноменологических подходов к характеристике лесных насаждений. Но в то же время существует и более общий биофизический подход, связанный с энергетикой роста биологических объектов. В СССР такое направление развивали Г.Г. Винберг (1966, 1975) и его последователи. В отношении лесных насаждений энергетический подход к теории роста применен Г.Ф. Хильми [30]. Исследование роста лесных фитоценозов в зависимости от поступающей и усваиваемой энергии ФАР весьма перспективно в отношении оценки динамики запаса насаждений, анализа процесса естественного изреживания, зависимости их роста от температуры, влажности, структуры и состава почвы и других параметров внешней среды.

Для характеристики роста надземной биомассы насаждения можно использовать систему единиц: длина (L), время (T), энергия (E). Введем обозначения: (V) – общая производительность насаждения, или объем надземной биомассы, произведенной на единице площади $[V] = L^3/L^2 = L$; λ_0 – физиологически активная радиация (ФАР), падающая на единицу площади в единицу времени

$$[\lambda_0] = EL^{-2}T^{-1},$$

где λ – эффективная доля ФАР, т. е. часть от полной радиации, пошедшая на прирост биомассы $\lambda = \eta\lambda_0$ ($\eta = \lambda/\lambda_0$ – коэффициент полезного действия ФАР); γ – количество энергии, сосредоточенной в единице объема органической массы древостоя $[\gamma] = EL^{-3}$; t – число лет активного роста биомассы.

Г.Ф. Хильми (1957) выдвинул основную гипотезу, которая заключается в том, что скорость изменения запаса есть функция потока

свободной энергии насаждения и нормы энергии, расходуемой насаждением при увеличении его запаса на единицу:

$$\frac{dv}{dt} = \varphi(\Gamma, \lambda_0) = \varphi(\Gamma, \lambda - v), \quad (72)$$

где $v = \lambda_1 / \nu$; λ_1 – часть энергии, затрачиваемой насаждением на поддержание жизнедеятельности его биомассы (без прироста).

Согласно методам теории размерности, запишем:

$$\frac{dv}{dt} = C\Gamma^x(\lambda - v),$$

где C – безразмерная постоянная.

Числа x и y удовлетворяют условию

$$L\Gamma^{-1} = E^{x+y} L^{-3x-2y} T^{-y}.$$

Решая это тождество, находим $x = -1$; $y = 1$. Отсюда имеем

$$\frac{dv}{dt} = \frac{C}{\Gamma}(\lambda - v). \quad (73)$$

Вторая гипотеза состоит в том, что для каждого вида древесных растений параметры не зависят от возраста насаждения (постоянные в динамике), но зависят от породы. Пусть запас насаждения возрастает от значения в момент времени t_0 до значения в момент t . Тогда получим

$$\int_{v_0}^v \frac{v - v dv}{\lambda - v} = -C \frac{B}{\Gamma} \int_{t_0}^t dt.$$

Выполним интегрирование:

$$\lg(\lambda - v) = \lg(\lambda - v_0) - C \frac{B}{\Gamma} (t - t_0)$$

или

$$\lambda - v = (\lambda - v_0) e^{-C \frac{B}{\Gamma} (t - t_0)}.$$

Решая относительно v , имеем

$$v = \frac{\lambda}{B} - \left(\frac{\lambda}{B} - v_0 \right) e^{-C \frac{B}{\Gamma} (t - t_0)}.$$

Полагая

$$A = \frac{\Gamma}{B}; \quad B = C \frac{B}{\Gamma},$$

получим окончательную формулу для математического описания динамики запаса насаждения:

$$v = A - (A - v_0) e^{-B(t - t_0)}. \quad (74)$$

Параметры A и B можно оценить по таблицам хода роста насаждений. Г.Ф. Хильми выполнил расчеты параметров A и B по данным всеобщих таблиц хода роста сосновых, еловых и дубовых насаждений, составленных А.В. Тюриным. Значения параметра A для сосны изменялись от 1728 до 659 для Ia–V классов бонитета, параметра B – от 0,013 до 0,017. Наибольшее отклонение общей производительности сосновых древостоев по формуле (74) от фактических данных таблиц хода роста составило +6,4%.

И.А. Терсков и М.И. Терскова (1980) представили динамику общей производительности древостоя в виде

$$\frac{dv}{dt} = C\gamma \frac{v}{t}, \quad (75)$$

$$C = \left(\frac{dv}{dt} \right) / \lambda; a = \left(\gamma \cdot \frac{dv}{dt} \right) / \lambda_0.$$

Параметр (C) характеризует прирост объема биомассы в единицу времени за счет единицы эффективной ФАР (1 ккал/м^2) и зависит от породы, климатических и почвенных условий, структуры древостоя. Параметр (γ) может характеризовать запас энергии в единице объема биомассы древостоя независимо от удельного веса древесины. Для нахождения (γ) можно пользоваться таблицами теплотворной способности древесины.

Величина $a=C\gamma$ – константа роста, которая характеризует способность древостоя превращать ФАР в органическое вещество с учетом его теплотворной способности. Величина (a) безразмерная и зависит от абсолютного количества поступающей на древостой ФАР. По этой величине можно судить, сколько энергии на древостой поступает и насколько рационально он использует основной энергетический источник.

Величина λ_0 также зависит от ряда факторов: широты местности, времени года, метеорологических условий, положения древостоя на местности и др. В работе [30] даны оценка и анализ констант уравнений динамики общей производительности насаждений по таблицам хода роста А.В. Тюрина.

Биофизический подход к математическому моделированию хода роста и производительности древостоев позволяет представить процесс с точки зрения потребления энергии, что особенно важно при описании энергетических процессов в лесной экосистеме. Точность и

надежность таких моделей динамики производительности древостоев следует оценить по данным таксации насаждений на стационарах.