

УДК 630\*114.14 : 582.475.2.001.57

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В СВЯЗИ С МЕХАНИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ПОЧВЫ, УРОВНЕМ И УКЛОНОМ ГРУНТОВЫХ ВОД\*

Н. В. КОСТИН, В. В. ЖИВОТОВСКИЙ, В. Ф. ИВАНОВ

Институт леса КарНЦ РАН

Как известно, от механического состава почвы зависит целый ряд ее физических свойств, в частности тепловой, водный и воздушный режимы и, как следствие, особенности протекания многих биохимических процессов у растений. Исключительно большое значение механическому составу почвы придавал основатель отечественного почвоведения В. В. Докучаев [2], который разработал первую классификацию земель, впервые примененную в Нижегородской губернии в 1882—1887 гг. и основанную главным образом на этом показателе.

Разными авторами показано, что повышение количества физической глины в почве благоприятно сказывается на росте еловых лесов [1, 5, 6, 9—12], однако мнения об оптимальном ее содержании различны.

Для определения влияния данного фактора на рост ельников и математического описания (моделирования) его динамики мы использовали метод структурно-экологических рядов [7]. Согласно этому методу каждый исследуемый экологический фактор рассматривается отдельно (изолированно), т. е. влияние его на биогеоценоз изучается на фоне других факторов, достаточно сходных или изученных ранее. При этом должно также соблюдаться условие однородности структуры и строения древостоев.

Наши исследования проводились в 1986—1987 гг. в климатически однородном приграничном районе северной части Ленинградской области (Свирское лесничество Ладейнопольского КЛПХ) и юга Карелии (Ихольское и Хиитольское лесничества Лахденпохского КЛПХ). Объектами служили чистые по составу или с небольшой (до трех единиц) примесью пород, простые по строению и возрастной структуре высокополнотные еловые насаждения естественного происхождения, не затронутые пожарами и хозяйственной деятельностью. В этих лесных массивах изучали также влияние на рост ели глубины залегания и проточности грунтовых вод [3].

Для сравнительного анализа производительности ельников условия их местопроизрастания подбирали с расчетом составления экологических рядов, однородных по глубине залегания грунтовых вод (эталон 1), их проточности (эталон 2) и механическому составу почвы (эталон 3).

Для оценки производительности исследуемых насаждений определяли их бонитет, соответствующий средней высоте в возрасте 50 лет —  $H_{50}$ . Для этого на выбранных участках закладывали лесоводственно-таксационные пробные площади, где производили сплошной пересчет и находили средний диаметр. В центральных ступенях толщины отбирали

\* В порядке постановки вопроса.

модельные деревья, у которых замеряли высоту, диаметр на высоте груди и подсчитывали число годичных слоев в основании ствола. Среднюю высоту древостоя определяли по кривой высот, построенной на основании среднего диаметра моделей. Высоту древостоев на пробных площадях приводили к возрасту 50 лет по бонитировочной шкале [4] путем редуцирования фактических данных.

Для определения гранулометрического состава почвы отбирали образцы из почвенных разрезов с глубины 0...50 и 50...100 см.

На пробных площадях замеряли глубину залегания грунтовых вод. Для этого бурили 4-5 скважин до постоянного уровня воды. Полученные показатели приводили к середине периода вегетации [8] и находили среднее их значение.

Степень проточности грунтовой воды характеризовали показателем ее уклона (%), который определяли для каждой пары точек (скважин) инструментальной нивелировкой. Наибольшее значение принимали в качестве общего (генерального) уклона.

Всего в данном географическом районе отобрано и детально изучено 33 еловых насаждения, из них 14 произрастают на песчаных почвах, 8 — на супесях, 3 — на суглинках и 8 — на глинистых почвах.

Степень влияния глинистой почвы на бонитет ели выявляли сопоставляя фактические значения показателя  $H_{50}$  с полученными по уравнению эталона 2

$$H_{50} = (20,15 \text{ УГВ} - 9,856 \text{ УГВ}^2 + 2,1374 \text{ УГВ}^3 - 0,17282 \text{ УГВ}^4) \times \left(1 + \frac{0,8a}{(a+3)(\text{УГВ} + 0,2)^2}\right),$$

где УГВ — уровень грунтовых вод в середине вегетационного периода, м;

$a$  — уклон грунтовых вод, %.

Данное уравнение отражает влияние глубины залегания и проточности (уклона) грунтовых вод на производительность ели. Исследования вели на однородных по механическому составу мощных песчаных отложениях. Абсолютное большинство насаждений произрастает на связных песках со средним содержанием в них глинозема 8 %.

Результаты соотношения фактических значений  $H_{50}$  с расчетными (по эталону 2) сгруппированы с учетом содержания глинозема в почве и глубины грунтовых вод (см. таблицу).

Из данных таблицы видно, что при содержании в почве физической глины 4...6 % производительность насаждений ниже, чем при 6...10 % («фоновое» значение для эталона 2 равно 8 %). С повышением процента глинозема рост улучшается, особенно при глубоком (2...4 м и более) залегании грунтовых вод.

С учетом сказанного нами проанализированы 20 насаждений, произрастающих в условиях глубокого (более 4 м) УГВ, когда грунтовые воды уже не оказывают влияния на производительность насаждений, а

Содержание физической глины, %	Производительность еловых насаждений, % от эталона 2, при глубине грунтовых вод, м			
	0,5...1,0	1...2	2...4	>4
4...6	—	77	83	—
6...10	105	90	99	100
10...20	95	95	116	118
20...50	—	—	—	119
50...100	—	—	—	113

водно-воздушный режим в пределах ризосферы зависит только от гранулометрического состава почвогрунта. Взаимосвязь высоты насаждений  $H_{50}$  с содержанием физической глины (Гл) в почве (рис. 1) математически может быть описана формулой

$$H_{50} = 20,6 - 40,6/\text{Гл} - 0,0005 \text{Гл}^2.$$

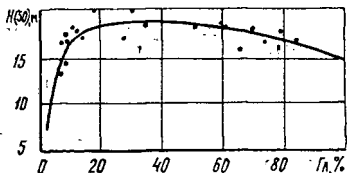


Рис. 1. Зависимость высоты 50-летних насаждений от содержания физической глины в почве при глубоком залегании грунтовых вод

Согласно этому уравнению максимальная производительность соответствует 35 %-му содержанию глинозема в почве, т. е. условиям среднего суглинка. Водно-воздушный режим данной почвенной разновидности, по-видимому, можно считать оптимальным для корневых систем ели. На песчаных почвах (Гл = 5 %) высота ельников составляет 66 % от максимума, на супесях (Гл = 15 %) — 94 %.

При содержании глинозема свыше 35 % почва становится плотной. Ухудшение ее аэрации и накопление избыточной влаги вызывают закономерное снижение производительности ельников. На глинистых почвах высота 50-летних насаждений составляет 0,8—0,9 от значения для среднего суглинка.

В то же время, как видно из таблицы, влияние механического состава почвогрунта на рост ели зависит от глубины залегания грунтовых вод: чем выше УГВ, тем оно сильнее. С понижением УГВ «приоритет» влияния на производительность насаждений постепенно переходит к почвогрунту, в частности к его гранулометрическому составу.

Зависимость высоты 50-летних ельников от содержания физической глины с учетом глубины залегания грунтовых вод (рис. 2) может быть выражена формулой

$$H_{\text{отн}} = 1 + (1,46 - 14,5/\text{Гл} - 0,0001 \text{Гл}^2)(-0,09 \text{УГВ}^2 + 0,145 \text{УГВ}^3 - 0,0417 \text{УГВ}^4 + 0,0036 \text{УГВ}^5),$$

где  $H_{\text{отн}}$  — высота древостоя в возрасте 50 лет, доли от эталона 2.

Из рисунка видно, что влияние грунтовых вод снижается по мере увеличения глубины их залегания. Если при УГВ = 4 м и более раз-

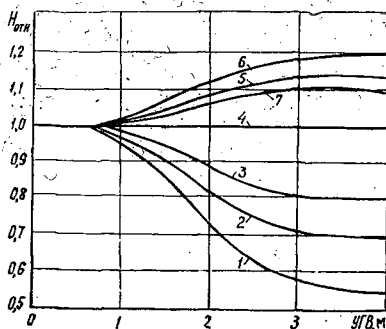


Рис. 2. Зависимость высоты насаждений от содержания физической глины в почве и глубины залегания грунтовых вод: 1—7 — содержание глины соответственно 4, 5, 6, 8, 15, 35 и 80 %

ницу между максимальной (Гл = 35 %) и минимальной (Гл = 4 %) высотой принять за 100 %, то при УГВ 3 м она составит 95 %, 2 м — 57 %, 1 м — 10 %.

В результате исследований получена формула, отражающая динамику высоты 50-летних ельников в данном географическом (климатическом) районе с учетом влияния глубины залегания и уклона грунтовых вод, а также содержания физической глины в почве (эталон 3):

$$H_{50} = (20,15 \text{ УГВ} - 9,856 \text{ УГВ}^2 + 2,1374 \text{ УГВ}^3 - 0,17282 \text{ УГВ}^4) \times \\ \times \left(1 + \frac{0,8a}{(a+3)(\text{УГВ} + 0,2)^4}\right) [1 + (1,46 - 14,5/\text{Гл} - 0,0001 \text{ Гл}^2) \times \\ \times (-0,09 \text{ УГВ} + 0,145 \text{ УГВ}^2 - 0,0417 \text{ УГВ}^3 + 0,0036 \text{ УГВ}^4)].$$

Точность полученной модели в сравнении с вторым эталоном определяли сопоставлением с фактическими данными. Получены следующие результаты:

	$\sigma$ , %	$R$	$R^2$
Эталон 2	14,3	0,52	0,27
Эталон 3	9,2	0,84	0,70

Приведенные данные показывают, что при включении в модель параметра, учитывающего механический состав почвы, отклонение фактических значений от расчетных  $\sigma$  уменьшается в 1,5 раза, а квадрат коэффициента корреляции  $R^2$  возрастает от 0,27 до 0,70, т. е. формула эталона 3, учитывающая глубину залегания, уклон грунтовых вод и содержание физической глины в почве, на 70 % описывает зависимость высоты ельников от условий местопроизрастания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Борук А. Я. Бонитировка и экономическая оценка земель. — М.: Колос, 1972.
- [2]. Докучаев В. В. Нижегородские работы. 1882—1887. Ч. 1 // Соч., Т. 4. — М.; Л., 1950. — 414 с. [3]. Животовский В. В., Иванов В. Ф. Рост еловых насаждений в связи с гидрологическими условиями местопроизрастания // Теория лесообразовательного процесса: Тез. докл. Всесоюз. совещ. — Красноярск, 1991. — С. 53—54.
- [4]. Загреев В. В., Брук Б. Л., Загреева А. И. Единые бонитировочные шкалы для оценки продуктивности сосновых и еловых насаждений // Современное лесоустройство и таксация леса. — М.: Лесн. пром-сть, 1974. — С. 126—157. [5]. Зеликов В. Д. Почвы и бонитет насаждений. — М.: Лесн. пром-сть, 1971. — 119 с. [6]. Казимиров Н. И. Ельники Карелии. — Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1971. — 140 с.
- [7]. Казимиров Н. И. Проблемы и методические подходы в моделировании лесных биогеоценозов // Моделирование лесных биогеоценозов. — Петрозаводск: КФ АН СССР, 1986. — С. 5—12. [8]. Казимиров Н. И., Животовский В. В. Математическая модель динамики уровня грунтовых вод в сосновых насаждениях на песчаных почвах // Докл. ВАСХНИЛ. — 1987. — № 1. — С. 41—43. [9]. Лосяцкий К. Б., Чуенков В. С. Эталонные леса. — М.: Лесн. пром-сть, 1980. — 191 с. [10]. Пшоннова В. Г. Влияние физических свойств почвы на продуктивность леса // Вопросы почвоведения и продуктивность насаждений: Тр. Москов. лесотехн. ин-та. — 1970. — Вып. 33. — С. 70—72. [11]. Чертов О. Г. Экология лесных земель. — Л.: Наука, 1981. — 192 с. [12]. Чертовской В. Г. Еловые леса европейской части СССР. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 176 с.

Поступила 3 февраля 1993 г.