

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ И КИСЛОРОДОПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ

### Задание 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛАНДШАФТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ЗАПАСА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ И КИСЛОРОДОПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ

#### 10.1. Вычисление ландшафтных показателей насаждений.

Ландшафтные характеристики исследуемых древостоев определяются визуально во время наблюдения в лесных или лесопарковых массивах, а также на основании математических моделей. Сложные математические уравнения позволяют вычислить достаточно субъективные параметры и преобразовать их в строгую логическую форму. Составителями наиболее распространенных моделей связи таксационных показателей и ландшафтных характеристик являются Л. Н. Яновский, В. С. Моисеев, Н. М. Тюльпанов и др. [6, 8, 15, 16].

1) эстетическая оценка определяется по следующему уравнению:

$$y_1 = e^{\left\{ \begin{array}{l} -0.05158(x_7-3.5)^2 - 0.02438|x_6-5.5|^3 - 5.658(x_9+x_{10}-0.65)^2 + (3.49 \cdot 10^{-11} \exp 22.275x_9) - \\ \left[ x_{11} - \frac{3}{x_{12}} e^{-0.434(x_7-1)^{0.67}} \right]^2 \times \left[ \frac{18.209}{x_{12}} e^{-0.434(x_7-1)^{0.67}} \right]^{-2} \end{array} \right\}} \quad (67)$$

$$B = \frac{0.167x_8x_{1i}}{x_{1i} \exp \left\{ 0.295(\ln x_{3i} - \ln x_{2i} + 0.4)^2 - 0.4537(\ln x_{4i} - \ln x_{2i} + 0.05)^2 \right\} x_{5i} = \exp \left\{ 0.301 \ln \left( \frac{b_i}{a} - 1 \right) \right\};}$$

$$x_6 = \frac{A}{a}$$

где  $x_{1i}$  – запас  $i$ -х элементов леса в древостое, м<sup>3</sup>/га;  $x_{2i}$  – средняя высота  $i$ -х элементов леса, м;  $x_{3i}$  – средний диаметр крон  $i$ -х элементов леса, см;  $x_{4i}$  – средняя длина крон  $i$ -х элементов леса, м;  $x_{5i}$  – ценность  $i$ -х элементов леса, вычисляется;  $b_i$  – ценность древесных пород в баллах (сосна – 1, ель и береза – 2, осина и ольха – 3);  $A$  – возраст преобладающей породы, лет;  $a$  – период класса возраста, лет;  $x_7$  – ранг типов леса (табл. 26);  $x_8$  – класс бонитета насаждений по М. М. Орлову.

Таблица 26

**Ранги типов леса по степени увлажнения местообитания**

Тип леса	Ранги



Насаждения при полноте 0,9 – 1,0								
15	224	257	305	336	93	106	125	137
20	164	186	219	243	69	78	91	100
25	134	151	174	193	55	61	71	78
30	104	116	135	150	45	50	58	64
35	90	100	116	130	38	43	49	54
45	77	85	97	110	34	37	42	47
50	60	65	75	83	27	29	33	36
60	49	54	61	69	22	24	27	30
70	41	44	49	57	19	20	22	25
80	35	37	42	50	16	17	19	22
Регулярно изреживаемые насаждения при полноте 0,7 – 0,8								
15	265	307	361	382	110	127	148	156
20	197	224	262	286	83	94	109	118
25	162	184	214	236	69	78	90	99
30	127	144	165	185	55	62	71	79
35	111	125	143	163	49	54	62	70
40	95	105	120	140	42	46	52	60
50	74	81	94	111	33	36	41	48
60	62	67	77	92	28	30	34	40
70	52	58	65	80	24	26	29	35
80	45	48	56	68	21	22	25	36

*Примечание.* Запасы приведены для летнего периода, в остальное время года они уменьшаются: в молодняках на 25%, средневозрастных и приспевающих – на 20%. При сухой погоде или зимой, а также в случае реализации зелени в течение 2–3 сут., приведенная сырая масса уменьшается на 18-26%. Потери при валке, трелевке изменяются от 10% в молодняках до 30% в остальных классах возраста.

Таблица 29

**Запас технической зелени в еловых культурах, приходящийся на один плотный кубометр стволовой древесины (А. М. Кожевников и др.)**

Возраст, лет	В сыром состоянии по классам бонитета, кг			В абсолютно сухом состоянии по классам бонитета, кг		
	Ia	I	II	Ia	I	II
Насаждения при полноте 0,9 – 1,0						
15	826	1048	1157	305	387	427
20	535	686	768	202	259	290
25	417	537	605	158	190	215
30	298	388	443	113	147	168
35	248	323	371	94	119	137
40	197	258	299	75	98	114
50	140	187	219	54	72	85
60	108	145	170	42	56	66
70	85	115	136	33	45	54
80	72	97	115	28	38	45
Регулярно изреживаемые насаждения при полноте 0,7 – 0,8						

15	972	1227	1411	359	453	521
20	641	792	903	242	299	341
25	503	615	700	178	216	246
30	364	438	496	139	166	188
35	304	362	410	112	133	150
40	244	286	323	93	110	123
50	174	206	232	69	79	89
60	137	158	176	53	61	68
70	110	125	138	43	49	54
80	89	102	112	36	40	45

*Примечание.* Запасы приведены для летнего периода, в остальное время года они уменьшаются: в молодняках на 15%, средневозрастных и приспевающих - на 10%. При сухой погоде или зимой, а также в случае реализации зелени в течение 2-3 сут. приведенная сырая масса уменьшается на 8-18%. Потери при валке, трелевке изменяются от 8% в молодняках до 25% – в остальных классах возраста.

3) лесомелиоративная оценка определяется по уравнению:

$$y_3 = \exp(0.1175K^3 - 1.162K^2 + 1.9717K - 0.9281) \quad (70)$$

где  $K$  - показатель объема необходимых лесомелиоративных мероприятий для ландшафтного участка (устанавливается в баллах по шкале табл. 30).

Таблица 30

**Шкала лесомелиоративной оценки ландшафтных участков**

Виды и объемы необходимых мероприятий	$K$
Лесомелиоративные мероприятия и мероприятия по благоустройству территории участка не требуются.	1
Необходимы санитарные рубки, рубки ухода, формирование ландшафтов, уборка захламленности, уход за подростом, удобрение, рыхление почвы, содействие естественному возобновлению, текущие лесовосстановительные мероприятия и мероприятия по благоустройству, не требующие капитальных затрат.	2
Требуются капитальные затраты, на проведение лесовосстановительных работ или реконструкцию насаждения. Требуются капитальные затраты на благоустройство территории.	3

4) гидромелиоративная оценка определяется по уравнению:

$$y_3 = \exp(0.1175F^3 - 1.1621F^2 + 1.9717F - 0.9281), \quad (71)$$

где  $F$  - показатели объема необходимых гидромелиоративных мероприятий для ландшафтного участка (балл по табл. 31).

Таблица 31

**Шкала гидромелиоративной оценки ландшафтных участков**

Виды и объемы необходимых мероприятий	$F$
---------------------------------------	-----

Мероприятия по осушению; прокладка дорожно-тропиночной сети или ее ремонт; строительства мостов, переходов, спусков, плотин не требуется.	1
Необходимы текущий ремонт гидромелиоративной, дорожно-тропиночной сети; улучшение проходимости участка; устройство переходов; ремонт мостов, спусков.2	2
Необходима гидромелиорация участка; требуется капитальный ремонт яла строительство дорог, мостов, спусков, плотин.	3

*Пример 21.* В соответствии с вариантом выполняемом на занятиях 6 – 9 у древостоя известны запас  $198 \text{ м}^3$ , средняя высота 25,8 м, средний диаметр 25,9 см, возраст 90 лет, класс бонитета I-ый, относительная полнота 0,44 (данные заданий 5, 6), величина класса возраста для сосны составляет 20 лет, ранг типа леса для черничных условий – 5, густота подроста и его средняя высота при вычислениях данного задания приравниваются 0.

На основании средней высоты и среднего диаметра по ф. 25 и табл. 6 определяется средний диаметр кроны, по формуле ф. 26 и таблице 6 вычисляется протяженность кроны.

$$D_k = 0,194 + 0,224 \times 25,9 + 0,001 \times 25,8 - 0,004 \times 25,9 \times 25,8 = 3,35 \text{ м};$$

$$L_k = -0,537 + 0,737 \times 25,9 + 0,026 \times 25,8 - 0,017 \times 25,9 \times 25,8 = 7,86 \text{ м}.$$

Подставляя все необходимые данные и параметры (табл. 26) в уравнение (ф. 67) определяется эстетическая ценность древостоя.

$$B = 0,167 \times 1 \times 198 / (198 \times (1 \times \exp(-0,295 \times (\ln(3,35) - \ln(25,8) + 0,4))^2 - 0,4537 \times (\ln(7,86) - \ln(25,8) + 0,05)^2)^{0,333}) = 0,264$$

$$y_2 = \exp(-0,05158 \times (5 - 3,5)^2 - 0,024381 \times (90/20 - 5,5)^3 - 5,658 \times (0,44 + 0 - 0,65)^2 + (3,49 \times 10^{-11} \times \exp(22,275 \times 0,44) - 0)^{0,264}) = 0,913$$

Для санитарно-гигиенической оценки по формуле ф. 68 используются показатель относительной полноты 1-го яруса 0,44, полнота 2-го яруса, коэффициент кислородопродуктивности сосны – 0,724. Коэффициент шумо- и пылепоглощение высчитывается:

$$\gamma_i = 0,662 - 0,0124 \times 25,8 + 0 = 0,342$$

Подставив все параметры в уравнение (ф. 68) находим санитарно-гигиеническую оценку насаждения.

$$y_2 = \exp(-11,65 \times (0,44 - 0,65)^2 + 1,0941 \times 10^{-11}) \times \exp(24,66 \times 0,44) \times (0,724 \times 0,342 \times 198 \times 81 / 198 \times 81)^{0,04167 \times 1} = 0,814$$

По данным табл. 30 и 31 при 2-ом балле оценки по обоим критериям вычисляем лесомелиоративную и гидромелиоративную оценки по уравнениям связи (ф. 69 и 70).

$$y_2 = \exp(0,1175 \times 2^3 - 1,16282 \times 2^2 + 1,9717 \times 2 - 0,9281) = 0,5$$

$$y_3 = \exp(0,1175 \times 2^3 - 1,16282 \times 2^2 + 1,9717 \times 2 - 0,9281) = 0,5$$

**10.2. Определение запаса древесной зелени и кислородопродуктивности насаждений.**

Объем древесной зелени насаждения производится по данным перечета по формуле В. С. Моисеева (ф. 31). И таблицам Л. Н. Яновского. В этом случае определяют массу крон и зеленой биомассы для модельных деревьев каждой ступени, затем эти данные перемножают на количество деревьев по каждой ступени толщины и, наконец, суммируют полученные произведения [15].

Определение запасов древесной зелени элементов леса  $W_A$  (т/га) может производиться по формуле

$$W_A = \frac{M_A}{\alpha_A}, \quad (72)$$

где  $\alpha_A$  - показатель фотосинтетической продуктивности древесной зелени элемента леса, определяемый соотношением

Математическая модель для расчета показателя фотосинтетической продуктивности  $\alpha_A$  имеет следующий вид:

$$\alpha_A = \beta_0 + \beta_1 e^{\beta_2 h_A} + \beta_3 e^{\beta_4 h_A} \quad (73)$$

А коэффициенты  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  определяются по табл. 32.

Расчет запаса фитомассы кроны деревьев элементов леса выполняется по модели

$$W_K = \gamma_0 W_A + \gamma_1 d_A^{\gamma_2} \gamma_3, \quad (74)$$

где  $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  – коэффициенты, зависящие от породы (табл. 33).

Текущий периодический прирост всей надземной фитомассы  $Z_F^n$  (т/га за период  $n$  лет) делается по формуле

$$Z_F^n = \rho_0 Z_M^n + Z_{W_K}^n, \quad (75)$$

где  $\rho_0$  – условная средняя плотность древесины стволов (т/м<sup>3</sup>) для соответствующих пород (ель – 0,45; ольха – 0,49; осина – 0,51; сосна – 0,52;

Таблица 32

**Параметры математической модели (ф. 71)**

Тип леса	Класс бонитета	Коэффициенты				
		$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
Сосняк черничный брусничный долгомошный	II	0,076	0,2767	-0,1468	0	0
	III	0,076	0,2767	-0,1467	0	0
	IV	0,076	0,2767	-0,1467	0	0
Ельник кисличный черничный долгомошный	II	0,024	0,7652	-0,167	0	0
	III	0,025	0,5160	-0,1315	0	0
	IV	0,025	0,6440	-0,1435	1,39	-0,64
Березняк кисличный черничный долгомошный	II	0,019	0,266	-0,1954	0	0
	III	0,022	0,622	-0,2510	0	0
	IV	0,025	0,916	-0,2884	0	0

Таблица 33

**Параметры математической модели (ф. 72)**

Древостой (порода)	Коэффициенты			
	$\gamma_0$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$

Сосна	3,891	6,825	-1	-1
Ель	2,309	0,550	-1	-1
Береза	7,813	8,453	-0,792	-1

береза – 0,65; лиственница – 0,66; клен – 0,67; дуб – 0,69);  $Z_{WA}^n$  – текущий периодический прирост массы древесной зелени, т/га;  $Z_{WK}^n$  – текущий периодический прирост фитомассы крон, т/га делают по моделям

$$Z_{WA}^n = \frac{Z_M^n}{\alpha_A}, \quad (76)$$

$$Z_{WK}^n = \gamma_0 Z_{WA}^n \left( + \gamma_1 d_A^{\gamma_2} \gamma_3 \right), \quad (77)$$

Вычисление кислородопродуктивности элемента леса  $O_2$  (т/га за период  $n$  лет) выполняется по формулам [10, 15]:

$$O_2 = \rho_1 Z_F^n, \quad (78); \quad O_2 = Z_M^n * K \quad (79)$$

где  $\rho_1$  – коэффициент интенсивности выделения кислорода древостоем, численная величина которого по породам установлена проф. С. В. Беловым: для сосны – 1,389, ели – 1,413, березы – 1,393, осины – 1,423;  $Z_M^n$  – прирост по запасу;  $K$  – коэффициенты по породам по Л. Н. Рожкову [10]: сосна, лиственница – 0,72; ель – 0,65; дуб, клен, ясень, липа – 1,03; береза – 0,89; осина – 0,70; остальные породы – 0,74

*Пример 22.* Для определения запаса древесной зелени и определения кислородопродуктивности насаждения по формулам (ф. 72 – 78) исходными данными являются показатели запаса  $198 \text{ м}^3$  и абсолютного текущего периодического прироста по запасу  $43 \text{ м}^3$  древостоя и параметры моделей (табл. 32, 33).

Показатель фотосинтетической продуктивности древесной зелени элемента леса определяется по ф. 72:

$$\alpha_A = (0,076 + 0,2767 \times \exp(-0,1468 \times 25,8)) - 1 = 12,15,$$

тогда запас древесной зелени (ф. 73) составит

$$W_A = 198 / 12,16 = 16,28 \text{ т/га.}$$

Запас фитомассы крон деревьев вычисляется по модели (ф. 74):

$$W_{KA} = 3,891 \times 16,28 \times (1 + 6,825 \times 25,9^{-1})^{-1} = 50,14 \text{ т/га}$$

Текущий периодический прирост массы древесной зелени (ф. 76) и фитомассы крон (ф. 77)

$$Z_{WA}^n = 43 / 12,15 = 3,54 \text{ т/га, } Z_{WKA}^n = 3,891 \times 3,54 \times (1 + 6,825 \times 25,9^{-1})^{-1} = 10,89 \text{ т/га.}$$

В этом случае текущий периодический прирост всей наземной фитомассы (ф. 75)

$$Z_{FA}^n = 0,52 \times 43 + 10,89 = 33,25 \text{ т/га}$$

Кислородопродуктивность за период  $n$  лет составит (ф. 78):

$$O_2 = 1,389 \times 33,25 = 46,19 \text{ т/га}$$