

УДК 630*5: 528.8

В. К. Хлюстов, О. М. Бедарева

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ
ОБЩЕЙ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ САКСАУЛА ЧЕРНОГО
(*HALOXYLON ARHYLLUM* (MINKW.) ILJIN)
С УЧЕТОМ ЗАПЛАНИРОВАННОЙ ГУСТОТЫ ДРЕВОСТОЯ**

В результате статистического моделирования получены уравнения регрессии возрастных изменений средней высоты по классам бонитета и общей древесной биомассы по значениям средних высот и густоте древостоя саксаула черного.

The article presents regress equations of age-related average height changes by growth classes and of general wood pulp by average height and density of the black saxaul forest stand, derived as a result of statistical modelling.

Ключевые слова: моделирование, саксаул черный, адекватность модели.

Keywords: modelling, black saxaul, model adequacy.

Составление таблиц возрастной динамики требует проведения значительных исследований. Опытный материал, привлекаемый для этих разработок, должен быть всесторонне проанализирован и систематизирован, так как даже незначительные отклонения какого-либо таксационного показателя от реально существующих закономерностей приведут к недостоверным итоговым результатам.

При проведении таких исследований следует соблюдать системность в подборке опытного материала и при анализе его анализ с использованием многомерных методов моделирования процессов по каждому таксационному показателю, формируя оптимальную структуру каждой отдельной модели. Учитывая то, что указанные нормативы должны быть типичными для региона, следует провести подробные натурные исследования в нем [1].

Рассматриваемые задачи исследований были ограничены выявлением закономерностей изменения с возрастом средних высот, показателей продуктивности, выраженных запасом наличного древостоя и производным от него средним и текущим изменением запаса [2; 3].

В отечественной таксации показатель максимальной сомкнутости принимается за 1,0 (эталон), а определение запаса менее сомкнутых древостоев выражается в долях от эталона.

В качестве объектов исследований были выбраны насаждения саксаула черного I, II и III классов бонитета, в которых было заложено 45 временных пробных площадей в пустыне Сарыесик-Атырау (подзона средних пустынь Казахстана). На каждой пробной площади были отобраны модельные деревья по ступеням диаметра крон и другим такса-



ционными показателям. Была проведена многофакторная классификация опытных материалов.

При построении статистических моделей взаимосвязей таксационных показателей в зависимости от густоты древостоев были определены действительные пределы числа деревьев (в шт.) на 1 га. Наглядно распределение пробных площадей с густотой в пределах от 500 до 5000 шт. на 1 га в диапазоне возрастов от 5 до 13 лет представлены на рисунке 1.

В отличие от существующих методических приемов, анализ роста по уровням продуктивности (бонитетам) и типам кривых дал возможность получить модели динамики средней высоты древостоев по 0,5-метровым ступеням высот и возраста с 5-летней градацией от 5 до 25 лет с учетом классов бонитета I, II, III.

Построенная система кривых представлена на рисунке 2. В таблице 1 приведены средние значения высот для саксаульников в возрасте 15 лет $H_{15}=1,0$ м, $H_{15}=1,5$ м, $H_{15}=2,0$ м для бонитетов I, II, III классов. Статистическое моделирование возрастных изменений средней высоты (H) по классам бонитета (B) осуществлено по уравнению регрессии вида:

$$H = \exp(-1,06969 - 0,4651401 \ln^2 B + 0,670089 \ln A) \quad (1)$$

$$R^2 = 0,912; F = 98,1; P < 0,05; t = |9,9; 8,3; 13,5|$$

$$\lim B = 1 - 3; \lim A = 5 - 20,$$

где H – средняя высота, м;

B – класс бонитета;

A – возраст древостоя, лет;

R^2 – коэффициент детерминации;

F – критерий Фишера;

t – критерий значимости численных коэффициентов уравнения.

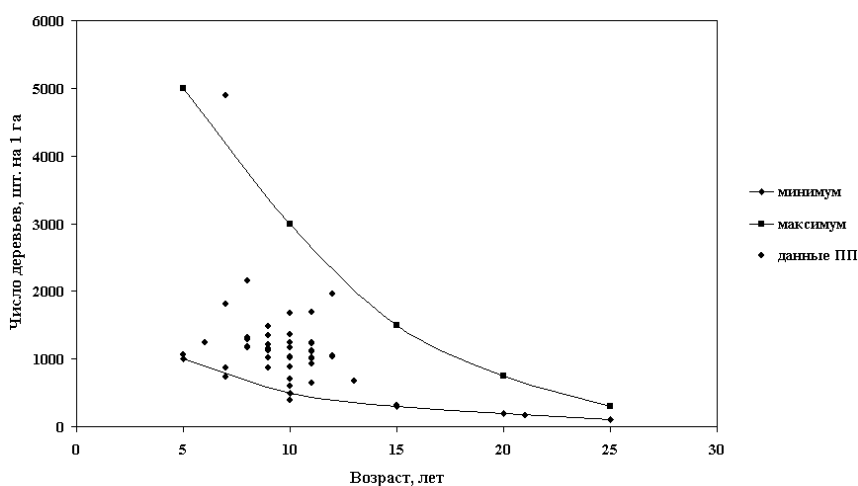


Рис. 1. Диапазон распределения числа деревьев на опытных пробных площадях в саксаульниках различного возраста



О степени соответствия значений средних высот, полученных по уравнению (1), свидетельствует рисунок 2.

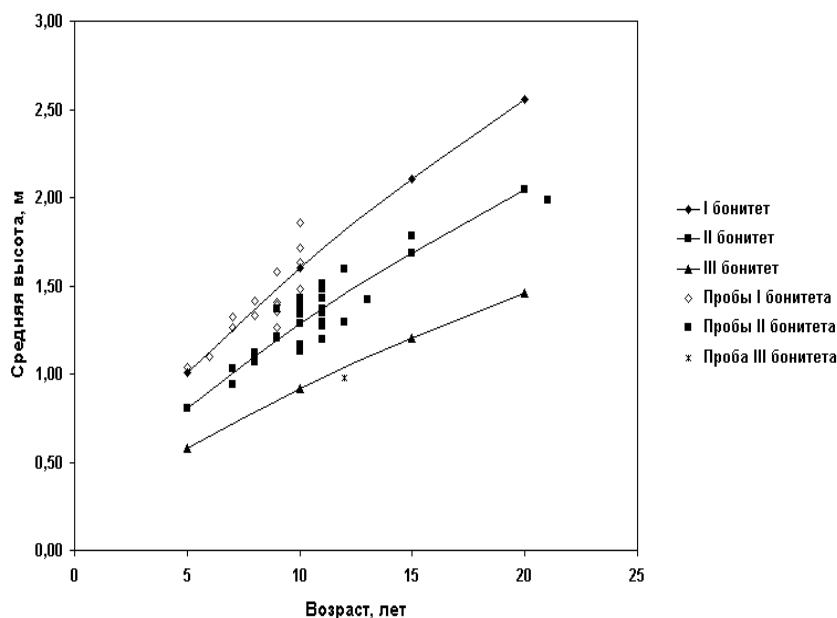


Рис. 2. Диапазон распределения средних высот на опытных пробных площадях в саксаульниках различного возраста по классам бонитета

Наряду со средними высотами проведено моделирование возрастной динамики общей древесной массы саксаульников с учетом возрастных градаций 5, 10, 15, 20, 25 лет и запланированной густотой стояния экземпляров 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 шт. на 1 га в 5-летнем возрасте при различной средней высоте древостоя в 15-летнем возрасте. Статистическое моделирование изменения общей древесной массы по значениям средних высот (H) и густоте стояния древостоя осуществлено по уравнению вида:

$$M_{\text{общ}} = \exp(2,9621003 + 2,7556909 \ln H + 0,6766649 \ln N) \quad (2)$$

($\ln A, \ln^2 A, \ln^2 H, \ln D_{\text{кр}}$ статистически не значимы ($t_{\text{расч}} < 2,0$))

$$R^2 = 0,854; F = 58,7; P < 0,05; t = \{4,8; 10,2; 8,3\}$$

$$\lim H = 1 - 3 \text{ м}; \lim N = 1000 - 5000 \text{ шт. на 1 га,}$$

где H — средняя высота, м;

N — число деревьев, шт. на 1 га;

R^2 — коэффициент детерминации;

F — критерий Фишера;

P — значимость критерия F ;

t — критерий значимости численных коэффициентов уравнения;

A — возраст, годы.



Таблица 1

**Диапазон распределения средних высот
для $H_{15} = 1,0$ м, $H_{15} = 1,5$ м, $H_{15} = 2,0$ м**

H	a_0/t_0	Бонитет	A	Множество	0,954838261	F	Значимость F
ai	-1,06969	-0,4651401	0,670089212	R -квадрат	0,911716105	98,107395	968E-11
ti	-9,9733863	-8,3072453	13,50997646	Норми-ров.	0,902423063	—	—
	—	—	—	Стандартная	0,054058197	—	—
	—	—	—	Наблюдений	22	—	—
Бонитет	Возраст (A)	Высота (H)	$H_{15}=1,0$ м	$H_{15}=1,5$ м	$H_{15}=2,0$ м		
I	2	3	4	5	6		
I	5	1,01	0,48	0,72	0,96		
I	10	1,61	0,76	1,14	1,52		
I	15	2,11	1,00	1,50	2,00		
I	20	2,55	1,21	1,82	2,43		
II	5	0,81	0,48	0,72	0,96		
II	10	1,28	0,76	1,14	1,52		
II	15	1,68	1,00	1,50	2,00		
II	20	2,04	1,21	1,82	2,43		
III	5	0,58	0,48	0,72	0,96		
III	10	0,92	0,76	1,14	1,52		
III	15	1,20	1,00	1,50	2,00		
III	20	1,46	1,21	1,82	2,43		

Таким образом, выявлено, что общая древесная масса в количественном отношении закономерно снижается с изменением высоты ($H_{15}=2,0 \rightarrow \dots H_{15}=1,0$ м). Особенно резко изменения выражены для древостоев саксаульников при высоте $H_{15}=1,0$ м. По результатам исследования получена таблица нормативов общей древесной массы в зависимости от густоты стояния древостоя саксаула черного средних высот (табл. 2).

Таблица 2

**Зависимость общей древесной массы саксаула черного
от средней высоты и числа деревьев**

Возраст, лет	Бонитет	H_A/H_{15}	Число деревьев, шт.	Масса общая древесная, кг
5	I	0,5	1000	273
10	I	0,8	500	613
15	I	1,0	300	917
20	I	1,2	200	1186



5	I	0,5	2000	436
10	I	0,8	1125	1061
15	I	1,0	600	1467
20	I	1,2	337,5	1690
5	I	0,5	3000	573
10	I	0,8	1750	1431
15	I	1,0	900	1930
20	I	1,2	475	2130
5	I	0,5	4000	696
10	I	0,8	2375	1760
15	I	1,0	1200	2344
20	I	1,2	612,5	2530
5	I	0,5	5000	810
10	I	0,8	3000	2061
15	I	1,0	1500	2726
20	I	1,2	750	2901
5	II	0,7	1000	833
10	II	1,1	500	1874
15	II	1,5	300	2805
20	II	1,8	200	3626
5	II	0,7	2000	1331
10	II	1,1	1125	3244
15	II	1,5	600	4483
20	II	1,8	337,5	5166
5	II	0,7	3000	1752
10	II	1,1	1750	4375

Окончание табл. 2

Возраст, лет	Бонитет	H_A/H_{15}	Число деревьев, шт.	Масса общая древесная, кг
15	II	1,5	900	5898
20	II	1,8	475	6510
5	II	0,7	4000	2128
10	II	1,1	2375	5379
15	II	1,5	1200	7166
20	II	1,8	612,5	7733
5	II	0,7	5000	2475
10	II	1,1	3000	6300
15	II	1,5	1500	8333
20	II	1,8	750	8868
5	III	1,0	1000	1840
10	III	1,5	500	4141



15	III	2,0	300	6197
20	III	2,4	200	8011
5	III	1,0	2000	2942
10	III	1,5	1125	7168
15	III	2,0	600	9905
20	III	2,4	337,5	11415
5	III	1,0	3000	3871
10	III	1,5	1750	9666
15	III	2,0	900	13032
20	III	2,4	475	14385
5	III	1,0	4000	4702
10	III	1,5	2375	11885
15	III	2,0	1200	15832
20	III	2,4	612,5	17085
5	III	1,0	5000	5469
10	III	1,5	3000	13920
15	III	2,0	1500	18413
20	III	2,4	750	19594

Список литературы

1. Хлюстов В.К. Древесный прирост и лесопользование / С.Пб. лесотех. акад. СПб., 1992. Деп. в ВНИПИЭИ леспром. 06.05.92. №2842-лб92.
2. Хлюстов В.К. Возрастная динамика продуктивности саксауловых древостоев Средних пустынь Казахстана // Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации: труды Всероссийской конференции. М., 2005. С. 78–79.
3. Хлюстов В.К. Закономерности возрастной динамики роста, строения и продуктивности саксаульников // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: междунар. науч. практ. конференция (17–19 апреля): материалы. Гродно, 2006. С. 28–32.

Об авторах

В.К. Хлюстов – д-р с.-х. наук, проф., РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, vitakhlustov@mail.ru
О.М. Бедарева – канд. биол. наук, доц., КГТУ, olgabedareva@mail.ru

Authors

Professor V.K. Khlustov – Russian State Agricultural University, vitakhlustov@mail.ru
Dr. O.M. Bedareva – Associate Professor, Kaliningrad State Technical University, olgabedareva@mail.ru