

УДК 630\*181+630\*6

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.21

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЕВ В КУЛЬТУРАХ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

А. С. Пуряев<sup>1</sup>, И. Н. Зарипов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Восточно-европейская лесная опытная станция, филиал ФБУ ВНИИЛМ, Российская Федерация, 420097, Казань, ул. Товарищеская, 40

<sup>2</sup>Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан, Российская Федерация, 420124, Казань, пр. Ямашева, 37а  
E-mail: purjaew@ Rambler.ru

*Приведены математические модели, отражающие динамику таксационных показателей древостоев искусственного происхождения лиственницы сибирской в различных типах лесорастительных условий Республики Татарстан. Отмечено, что характер их развития в разных ТЛУ и геоморфологических районах Республики Татарстан сугубо специфичен. Показано, что наилучшие условия для роста насаждений лиственницы складываются в свежих дубравах (ТЛУ D<sub>2</sub>), где у них в возрасте 85 лет запас стволовой древесины составляет в среднем 377 м<sup>3</sup>/га. Кульминация среднего годовичного прироста запаса, составляющего в зависимости от ТЛУ 4,35–6,21 м<sup>3</sup>/га, наступает в культурах в возрасте 30–40 лет. Кульминация же среднего годовичного прироста таксовой цены древостоя, составляющей 179,2–288,2 руб./га и определяющей оптимальный возраст проведения в насаждениях рубки главного пользования, отмечается во всех ТЛУ в возрасте 60 лет. Сделан вывод о том, что выращивать культуры лиственницы сибирской в Республике Татарстан в целом целесообразно, однако необходимо совершенствовать технологии их создания и ухода за ними.*

**Ключевые слова:** лиственница сибирская; лесные культуры; древостой; развитие; математические модели.

**Введение.** Актуальность темы исследований обусловлена необходимостью повышения эколого-ресурсного потенциала лесов за счёт совершенствования технологий лесовосстановления и подбора наиболее хозяйственно ценных древесных пород, одной из которых может являться, по мнению исследователей [1–8], лиственница сибирская (*Larix sibirica* Led.), характеризующаяся быстротой роста, высокой продуктивностью и долговечностью. На территории Республики Татарстан к настоящему времени создано около 5 тыс. га культур с участием этой породы [9], около половины площади которых составляют насаждения в возрасте 21–40 лет и почти 1/3 – 41–60 лет. Произрастают они в восьми различных ти-

пах лесорастительных условий (ТЛУ), однако распределены в них крайне неравномерно: преобладающая часть насаждений (69,5 %) находится в ТЛУ С<sub>2</sub>.

**Цель работы** заключается в выявлении закономерностей развития древостоев лиственницы сибирской в культурах, созданных в различных типах лесорастительных условий Республики Татарстан, и описании их в форме математических моделей.

**Объект и методика исследования.** При решении поставленной задачи использовали методику, основанную на системном анализе данных массовой таксации насаждений [10–12]. Материалом для анализа служили таксационные описания насаждений всех участковых лесничеств

© Пуряев А. С., Зарипов И. Н., 2019.

**Для цитирования:** Пуряев А. С., Зарипов И. Н. Закономерности развития древостоев в культурах лиственницы сибирской Республики Татарстан // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 1 (41). С. 21–31. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.21

республики по состоянию на 01.01.2011 года (более 2 тыс. выделов), на основе которых была сформирована электронная база данных. Обработку собранного материала проводили стандартными методами математической статистики [13, 14], используя прикладные программы Excel и Statistica.

**Результаты.** Важнейшим таксационным показателем древостоев является их средняя высота, которая не только характеризует успешность их роста в тех или иных лесорастительных условиях, но и тесно связана с другими показателями, позволяя косвенно оценивать их [15–18]. Его динамику наилучшим образом аппроксимирует, как показано исследователями [19–21], функция Митчерлиха  $H = K \times [1 - \exp(-a \times 10^{-3} \times X)]^b$ . Проведённые нами расчёты позволили определить значения параметров уравнений динамики средней высоты лиственницы в культурах для разных ТЛУ Республики Татарстан (табл. 1), в которых характер роста древостоев лиственницы, как оказалось, существенно различен. Кульминация текущего годовичного прироста деревьев в культурах наступает очень рано, особенно в ТЛУ D<sub>2</sub>, где его величина достигает в этом воз-

расте 56 см. Затем величина прироста постепенно снижается, составляя в возрасте 40 лет в зависимости от ТЛУ 30–35 см, а в возрасте 80 лет только 12–16 см (табл. 2). Наибольшую высоту в любом возрасте имеют древостой лиственницы в ТЛУ D<sub>2</sub>, а наименьшую – в ТЛУ D<sub>1</sub>.

Различия в характере роста лиственничников по высоте отмечаются не только между ТЛУ, но и между разными геоморфологическими районами республики в пределах одного ТЛУ (табл. 3), что может быть связано не только с их физико-географическими и почвенно-экологическими условиями, но и особенностями технологий создания культур и лесохозяйственной деятельности в них. Так, к примеру, в свежих сурамях Предкамья средняя высота деревьев в культурах лиственницы в первые 10–15 лет ниже, чем в Предволжье, а затем становится выше (табл. 4). В свежих дубравах картина диаметрально противоположна. Из этого следует, что модели хода роста древостоев нужно создавать не на бонитетной основе, как это принято в лесной таксации, а на зонально-типологической, адекватнее отражающей реальную действительность.

Таблица 1

**Параметры уравнения динамики средней высоты деревьев в культурах лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан**

ТЛУ	Значения параметров уравнения $H = K \times [1 - \exp(-a \times 10^{-3} \times X)]^b$						
	K	a	b	A <sub>КТП</sub>	ΔH <sub>КТП</sub>	H <sub>50</sub>	R <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	30,7	29,62	1,552	15	51	20,6	0,976
D <sub>1</sub>	26,4	27,09	1,552	17	40	16,6	0,991
D <sub>2</sub>	36,7	21,23	1,169	8	56	22,3	0,987

**Примечание:** H – средняя высота деревьев, м; X – возраст древостоя, лет; K, a, b – безразмерные константы; A<sub>КТП</sub> – возраст наступления кульминации текущего годовичного прироста, лет; ΔH<sub>КТП</sub> – текущий годовичный прирост деревьев в момент его кульминации, см; H<sub>50</sub> – средняя высота древостоя в возрасте 50 лет, м; R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации уравнения.

Таблица 2

**Динамика текущего годовичного прироста деревьев в культурах лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан**

ТЛУ	Годичный прирост деревьев в высоту в разном возрасте, см						
	10 лет	20 лет	30 лет	40 лет	50 лет	60 лет	80 лет
C <sub>2</sub>	50	50	43	35	27	21	12
D <sub>1</sub>	39	40	35	30	24	19	12
D <sub>2</sub>	56	50	42	35	29	24	16

Таблица 3

**Параметры уравнений динамики средней высоты деревьев в культурах  
лиственницы различных районов Республики Татарстан**

Район	Значения параметров уравнения $H = K \times [1 - \exp(-a \times 10^{-3} \times X)]^b$				
	K	a	b	H <sub>50</sub>	R <sup>2</sup>
Свежие сурамени – ТЛУ С <sub>2</sub>					
Предкамье	32,0	30,03	1,595	21,4	0,984
Закамье	29,8	27,37	1,452	19,5	0,989
Предволжье	31,1	27,55	1,432	20,5	0,973
Свежие дубравы – ТЛУ D <sub>2</sub>					
Предкамье	35,9	21,98	1,177	22,3	0,993
Закамье	36,3	20,44	1,113	22,1	0,984
Предволжье	32,8	32,07	1,619	22,8	0,984

**Примечание:** обозначения те же, что в табл. 1.

Таблица 4

**Динамика средней высоты деревьев в культурах лиственницы  
районов Республики Татарстан**

Район	Средняя высота деревьев в разном возрасте, м					
	10 лет	20 лет	30 лет	40 лет	50 лет	60 лет
Свежие сурамени – ТЛУ С <sub>2</sub>						
Предкамье	3,7	9,0	13,9	18,1	21,4	24,0
Закамье	3,7	8,5	12,8	16,5	19,5	21,8
Предволжье	4,0	9,1	13,6	17,4	20,5	22,9
Свежие дубравы – ТЛУ D <sub>2</sub>						
Предкамье	5,3	10,6	15,2	19,1	22,3	24,9
Закамье	5,5	10,8	15,2	19,0	22,1	24,7
Предволжье	4,0	9,8	15,0	19,4	22,8	25,4

Динамику среднего диаметра древостоев в культурах лиственницы лучше всего аппроксимирует, как показали расчёты, степенное уравнение  $D = a \times (X - c)^b$ , значения параметров которого сугубо специфичны для каждого ТЛУ (табл. 5). Наиболее высокие показатели в любом возрасте имеют, как следует из приведённых данных, культуры лиственницы в ТЛУ D<sub>2</sub>, а наименьшие – в ТЛУ D<sub>1</sub>. Проведённые нами расчёты показали также, что в процессе роста древостоев лиственницы сохраняются определённые соотношения между средним диаметром деревьев и их средней высотой. Зависимость

средней высоты деревьев от их среднего диаметра лучше всего описывает уравнение  $H = a \times D + 1,3$  (табл. 6). Для аппроксимации же зависимости среднего диаметра деревьев от их высоты лучше всего подходит уравнение  $D = a \times H - 1,3$ , параметры которого сугубо специфичны для каждого ТЛУ. Наличие связи между этими параметрами древостоя и выведенные на её основе уравнения регрессии позволяют упростить проведение натуральных таксационных работ и глубже понять закономерности развития культур лиственницы в различных ТЛУ республики.

Таблица 5

**Параметры уравнения динамики среднего диаметра деревьев в культурах  
лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан**

ТЛУ	Значения параметров уравнения $D = a \times (X - b)^c$							
	a	b	c	D <sub>20</sub>	D <sub>40</sub>	D <sub>60</sub>	D <sub>80</sub>	R <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	1,17	4	0,757	9,5	17,6	24,6	31,0	0,961
D <sub>1</sub>	1,24	5	0,700	8,3	14,9	20,5	25,5	0,951
D <sub>2</sub>	1,26	3	0,761	10,9	19,7	27,3	34,4	0,962

**Примечание:** D – средний диаметр деревьев, см; X – возраст древостоя, лет; a, b, c – безразмерные константы; D<sub>20</sub> – средний диаметр деревьев в возрасте 20 (40, 60, 80) лет, см; R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации уравнения.

Таблица 6

**Параметры уравнений связи между значениями среднего  
диаметра и средней высоты деревьев лиственницы**

ТЛУ	Значения параметров уравнений					
	$H = a \times D^b + 1,3$			$D = a \times H^b - 1,3$		
	a	b	R <sup>2</sup>	a	b	R <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	0,993	0,954	0,952	1,234	0,973	0,950
D <sub>1</sub>	0,644	1,079	0,973	1,505	0,920	0,972
D <sub>2</sub>	1,017	0,953	0,965	1,110	1,004	0,963

**Примечание:** D – средний диаметр деревьев, см; H – их средняя высота, м; a, b – безразмерные константы.

Важными таксационными показателями древостоя являются объём и масса ствола среднего дерева, которые необходимы не только для оценки успешности роста культур лиственницы в различных ТЛУ республики, но и для технико-экономических расчётов эффективности проведения заготовки древесины при рубках ухода. Динамику их значений в культурах лиственницы республики с высокой точностью описывает степенное уравне-

ние, значения параметров которого приведены в табл. 7 и 8. Анализ полученных данных показывает, что объём и масса ствола среднего дерева культур лиственницы в ТЛУ D<sub>2</sub> в 2,3–2,6 раза больше, чем в ТЛУ D<sub>1</sub>. Культуры в ТЛУ C<sub>2</sub> по значениям этих показателей занимают промежуточное положение: в возрасте 80 лет масса ствола среднего дерева в них в 1,35 раза меньше, чем в ТЛУ D<sub>2</sub> и в 1,79 больше, чем в ТЛУ D<sub>1</sub>.

Таблица 7

**Параметры уравнения динамики объёма ствола среднего дерева  
в культурах лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан**

ТЛУ	Значения параметров уравнения $V = a \times 10^{-5} \times X^b$						
	a	b	V <sub>20</sub>	V <sub>40</sub>	V <sub>60</sub>	V <sub>80</sub>	R <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	31,66	1,846	0,036	0,218	0,540	0,963	0,957
D <sub>1</sub>	26,30	1,737	0,022	0,128	0,312	0,548	0,943
D <sub>2</sub>	37,08	1,853	0,055	0,293	0,715	1,284	0,932

**Примечание:** V – объём ствола среднего дерева, м<sup>3</sup>; X – возраст древостоя, лет; a, b – безразмерные константы; V<sub>20</sub> – объём ствола среднего дерева в возрасте 20 (40, 60, 80) лет, м<sup>3</sup>; R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации уравнения.

Таблица 8

**Параметры уравнения динамики абсолютно сухой массы ствола среднего дерева  
в культурах лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан**

ТЛУ	Значения параметров уравнения $M = a \times 10^{-2} \times X^b$						$R^2$
	a	b	$M_{20}$	$M_{40}$	$M_{60}$	$M_{80}$	
C <sub>2</sub>	15,38	1,876	17,6	114,5	292,7	528,9	0,931
D <sub>1</sub>	12,48	1,766	10,3	65,7	165,3	294,9	0,956
D <sub>2</sub>	17,88	1,885	27,3	155,6	390,5	713,0	0,942

**Примечание:** M – масса ствола среднего дерева в абсолютно сухом состоянии, кг; X – возраст древостоя, лет; a, b – безразмерные константы;  $M_{20}$  – масса ствола среднего дерева в возрасте 20 (40, 60, 80) лет, кг;  $R^2$  – коэффициент детерминации уравнения.

Интегральным показателем производительности культур лиственницы является запас стволовой древесины, позволяющий объективно оценивать их эколого-ресурсный потенциал. Динамику этого показателя в различных ТЛУ республики наилучшим образом аппроксимирует уравнение  $M = K \times [1 - \exp(-a \times 10^{-3} \times X)]^b$ , значения параметров которого приведены в табл. 9. Наиболее высокую производительность культуры лиственницы имеют

в ТЛУ D<sub>2</sub>, где у них в возрасте 85 лет запас стволовой древесины составляет в среднем 377 м<sup>3</sup>/га (рис. 1). Наиболее же низка производительность лиственничников в ТЛУ D<sub>1</sub>. Кульминация среднего годовичного прироста запаса наступает очень рано, особенно в ТЛУ D<sub>2</sub>, где его величина достигает в этот момент 6,21 м<sup>3</sup>/га. Затем она снижается, составляя в возрасте 80 лет в зависимости от ТЛУ 3,36–4,61 м<sup>3</sup>/га.

Таблица 9

**Параметры уравнений динамики фактического запаса стволовой древесины  
в культурах лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан**

ТЛУ	Значения параметров уравнения $M = K \times [1 - \exp(-a \times 10^{-3} \times X)]^b$						$R^2$
	K	a	b	$A_{\text{КП}}$	$\Delta M_{\text{КП}}$	$M_{\text{КП}}$	
C <sub>2</sub>	383,3	36,25	2,101	35	5,47	192	0,951
D <sub>1</sub>	289,2	46,64	3,026	40	4,35	174	0,935
D <sub>2</sub>	422,2	32,17	1,705	30	6,21	186	0,948

**Примечание:** M – запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>/га; X – возраст древостоя, лет; K, a, b – безразмерные константы;  $A_{\text{КП}}$  – возраст наступления кульминации среднего годовичного прироста, лет;  $\Delta M_{\text{КП}}$  – величина среднего годовичного прироста в момент его кульминации, м<sup>3</sup>/га;  $M_{\text{КП}}$  – запас древостоя в момент кульминации среднего годовичного прироста, м<sup>3</sup>/га;  $R^2$  – коэффициент детерминации уравнения.

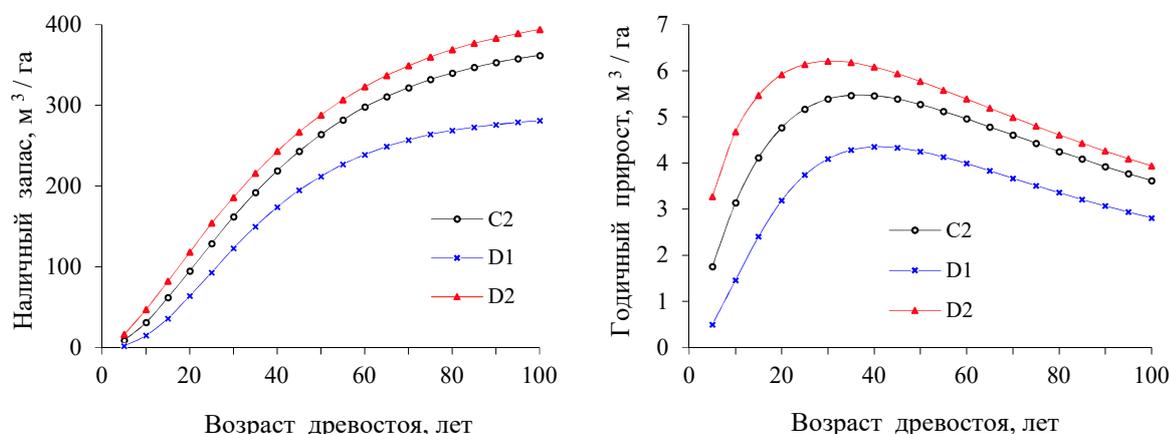


Рис. 1. Динамика запаса древесины в культурах лиственницы и её среднего годовичного прироста в различных ТЛУ Республики Татарстан

Различия в характере динамики запаса древесины в культурах лиственницы отмечаются не только между ТЛУ, но и между разными геоморфологическими районами республики в пределах одного ТЛУ (табл. 10), что может быть связано с разными причинами, в том числе и с особенностями лесохозяйственной деятельности в них. Так, в свежих сураменах Предкамья запас древесины в возрасте 40 лет выше, чем в Предволжье на  $13 \text{ м}^3/\text{га}$ , а в возрасте 100 лет, наоборот, ниже на  $29 \text{ м}^3/\text{га}$ . В свежих дубравах запас древесины наиболее высоких значений в пределах всего возрастного интервала их роста достигает в Закамье, а самых низких – в Предкамье: в возрасте 80 лет различия составляют  $45 \text{ м}^3/\text{га}$ , постепенно достигая в дальнейшем  $87 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Для контроля качества лесных культур необходимо располагать данными не только о фактическом запасе древесины в них, но и нормативном, достигаемом при предельно сомкнутом состоянии древостоя, соответствующем полноте 1,0. Динамику этого таксационного показателя также аппроксимирует уравнение Митчерлиха, значения параметров которого приведены в табл. 11. Наиболее высокий нормативный запас древесины культуры лиственницы имеют, как следует из приведённых данных, в ТЛУ D<sub>2</sub>. Здесь в возрасте 30 лет наступает максимум среднего годовичного прироста запаса, составляющего  $8,09 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Минимальный нормативный запас в культурах лиственницы наблюдается в ТЛУ D<sub>1</sub>, где максимальный средний годовичный прирост в  $5,57 \text{ м}^3/\text{га}$  наступает на 10 лет позднее.

Таблица 10

**Параметры уравнений динамики фактического запаса стволовой древесины в культурах лиственницы различных районов Республики Татарстан**

Район	Значения параметров уравнения $M = K \times [1 - \exp(-a \times 10^{-3} \times X)]^b$				
	K	a	b	M <sub>80</sub>	R <sup>2</sup>
Свежие сурамени – ТЛУ C <sub>2</sub>					
Предкамье	378	41,23	2,359	346	0,975
Закамье	383	35,71	2,095	338	0,980
Предволжье	425	33,99	2,293	363	0,950
Свежие дубравы – ТЛУ D <sub>2</sub>					
Предкамье	417	30,42	1,617	359	0,972
Закамье	504	25,23	1,540	405	0,922
Предволжье	423	35,59	1,948	377	0,951

Таблица 11

**Параметры уравнений динамики нормативного запаса стволовой древесины в культурах лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан**

ТЛУ	Значения параметров уравнения $M = K \times [1 - \exp(-a \times 10^{-3} \times X)]^b$						
	K	a	b	A <sub>кп</sub>	ΔM <sub>кп</sub>	M <sub>кп</sub>	R <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	646	23,71	1,641	40	7,23	289	0,970
D <sub>1</sub>	488	25,98	1,795	40	5,57	223	0,983
D <sub>2</sub>	857	15,47	1,274	30	8,09	243	0,982

**Примечание:** обозначения параметров те же, что в табл. 9.

Таблица 12

**Параметры уравнений динамики таксовой цены древесины в культурах  
лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан**

ТЛУ	Значения параметров уравнения $C = K \times [1 - \exp(-a \times 10^{-3} \times X)]^b$					
	K	a	b	A <sub>КП</sub>	ΔC <sub>КП</sub>	C <sub>КП</sub>
C <sub>2</sub>	25,79	27,71	2,609	60	248,2	14,89
D <sub>1</sub>	18,39	28,71	2,745	60	179,2	10,75
D <sub>2</sub>	28,49	27,59	2,402	60	288,2	17,11

**Примечание:** C – таксовая цена древесины, тыс. руб./га; X – возраст древостоя, лет; K, a, b – безразмерные константы; A<sub>КП</sub> – возраст наступления кульминации среднего годовичного прироста таксовой цены древостоя, лет; ΔC<sub>КП</sub> – величина среднего годовичного прироста таксовой цены древостоя в момент его кульминации, руб./га; C<sub>КП</sub> – таксовая цена наличного запаса древесины в момент кульминации среднего её годовичного прироста, тыс. руб./га.

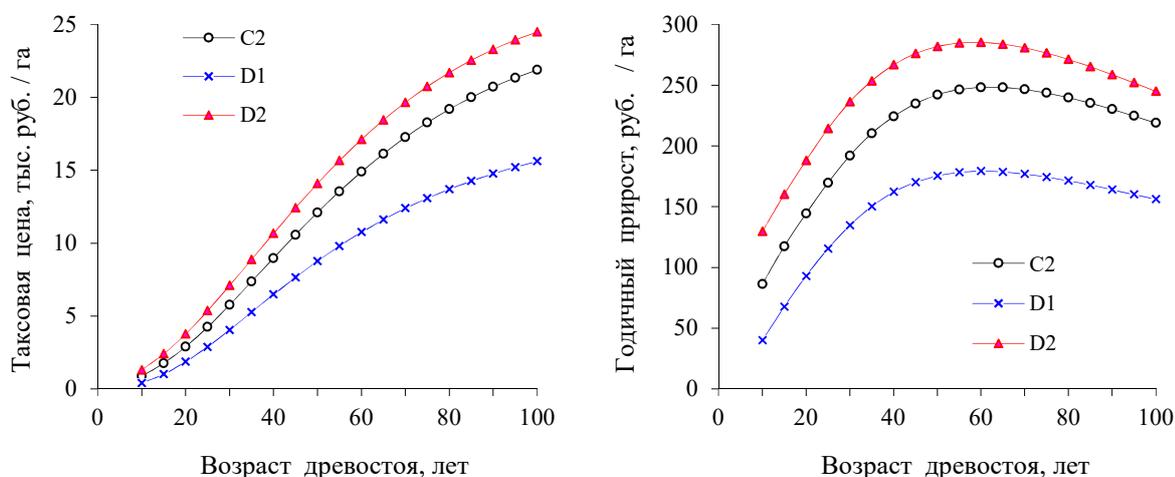


Рис. 2. Динамика таксовой стоимости древесины и её среднего годовичного прироста в культурах лиственницы различных ТЛУ Республики Татарстан

Интегральным показателем эффективности выращивания лесных культур является таксовая цена древостоя. Проведённые нами расчёты, выполненные на основе уравнений, предложенных Ю.П. Демаковым [11, 12], показали, что динамику этого таксационного параметра наилучшим образом также аппроксимирует уравнение Митчерлиха (табл. 12). Анализ полученных данных показал, что кульминация среднего годовичного прироста таксовой цены древостоя, составляющего 179,2–288,2 руб./га и определяющего возраст проведения в лиственничниках рубки главного пользования, отмечается во всех ТЛУ в возрасте 60 лет. Наибольшую таксовую цену древесины имеют в это время культуры в свежих дубравах, а наименьшую – в сухих (рис. 2). Ускорить процесс выращивания культур позволяет оптимизация их начальной гу-

стоты [22–25] и своевременное проведение рубок ухода [26], что приводит к увеличению среднего диаметра деревьев, определяющего в конечном итоге товарную структуру и таксовую цену древостоя.

### Выводы

1. Лесостроительные материалы являются вполне надёжной основой для создания математических моделей динамики продуктивности лиственничных древостоев искусственного происхождения, выступающих не только в качестве средства описания эмпирических данных, но и метода познания закономерностей развития лесных биогеоценозов, позволяя повысить эффективность управления их эколого-ресурсным потенциалом.

2. Характер развития древостоев лиственницы в разных ТЛУ и геоморфологических районах Республики Татар-

стан сугубо специфичен, о чём свидетельствуют значения параметров уравнений динамики всех их таксационных показателей.

3. В процессе роста древостоев лиственницы сохраняется очень тесная зависимость среднего диаметра деревьев и запаса сомкнутых древостоев от их средней высоты, позволяющая упростить проведение натуральных таксационных работ и глубже понять закономерности развития лесных биогеоценозов.

4. Максимальная производительность культур лиственницы наблюдается в ТЛУ D<sub>2</sub> (свежие дубравы). Минимальная – в ТЛУ D<sub>1</sub> (сухие дубравы). Максимальный средний годичный прирост запаса стволовой древесины в зависимости от ТЛУ составляет 4,35–6,21 м<sup>3</sup>/га и наступает в возрасте древостоев от 30 до 40 лет. Кульминация среднего годичного прироста крупной деловой древесины, определяющая возраст проведения рубки древостоя при его целевом выращивании на спецсортименты, наступает лишь в 105–140 лет, а его величина достигает в этот

момент 0,96–1,66 м<sup>3</sup>/га. Наибольший объём крупной деловой древесины накапливается к этому времени в свежих дубравах, а наименьший – в сухих.

5. Интегральным показателем эффективности выращивания лесных культур и обоснованного выбора оптимального возраста проведения в них рубки главного пользования является таксовая цена древостоя, кульминация среднего годичного прироста которой, составляющего 179,2–288,2 руб./га, отмечается во всех ТЛУ в возрасте 60 лет. Наибольшую таксовую цену древесины имеют в это время культуры в свежих дубравах, а наименьшую – в сухих.

6. Экономическая спелость древостоев наступает гораздо позднее, чем эколого-энергетическая, что необходимо учитывать при определении возраста рубок главного пользования.

7. Ускорить процесс получения крупной товарной древесины позволяет оптимизация начальной густоты культур и своевременное проведение в них рубок ухода.

**Благодарности.** Большую помощь при подготовке статьи оказал профессор-консультант кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии Поволжского государственного технологического университета Ю.П. Демаков, за что авторы статьи выражают ему сердечную благодарность.

### Список литературы

1. Яблоков А. С. Культура лиственницы и уход за насаждениями. М.: Гослесбумиздат, 1934. 128 с.
2. Никитин К. Е. Лиственница на Украине. Киев: Урожай, 1966. 332 с.
3. Куприянов Н. В. Опыт выращивания лиственницы в культуре Горьковской области // ИВУЗ. Лесной журнал. 1969. № 1. С. 39-43.
4. Калинин Н. П., Писаренко А. И., Смирнов Н. А. Лесовосстановление на вырубках. М.: Лесная промышленность, 1973. 325 с.
5. Баталов П. П. Опыт выращивания лиственницы сибирской // Лесное хозяйство. 1975. № 1. С. 92-94.
6. Лобанов Я. Я., Снарский Е. С. Лиственница сибирская в Куйбышевском Заволжье // Лесное хозяйство Куйбышевской области. Куйбышев: Куйбышевское кн. изд-во, 1976. Вып. 2. С. 53-60.
7. Тимофеев В. П. Лиственница в культуре. М.: Лесная промышленность, 1981. 162 с.
8. Карасева М. А. Лиственница сибирская в Среднем Поволжье. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. 376 с.
9. Зарипов И. Н., Пуряев А. С. Структура древостоев лиственницы сибирской в Республике Татарстан // Лесохозяйственная информация: электронный сетевой журнал. 2018. № 2. С. 28-34.
10. Состояние культур лиственницы *Larix sibirica* (Pinaceae) в Республике Марий Эл / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев, М.А. Карасева и др. // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52, № 4. С. 465-483.
11. Экономические основы и опыт плантационного лесовыращивания в Среднем Поволжье / Ю.П. Демаков, Т.В. Нуреева, А.С. Пуряев и др. // Сибирский лесной журнал. 2018. № 2. С. 3-14.
12. Демаков Ю. П. Структура и закономерности развития лесов Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. 432 с.
13. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.

14. *Гринин А. С., Орехов Н. А., Новиков В. Н.* Математическое моделирование в экологии. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 269 с.
15. *Кузьмичев В. В.* Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.
16. *Кофман Г. Б.* Уравнения роста и онтогенетическая аллометрия // Математическая биология развития. М.: Наука, 1982. С. 49-55.
17. *Демаков Ю. П., Исаев А. В.* Потенциальная производительность древостоев основных лесобразующих пород России // Экопотенциал. 2014. № 4. С. 41-50.
18. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев, В.Л. Черных и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 2. С. 19-36.
19. *Кивисте А. К.* Функции роста леса. Тарту: Эстонская СХА, 1988. 108 с.
20. *Демаков Ю. П.* Устойчивость лесных экосистем: методические и методологические аспекты. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. 416 с.
21. *Черных В. Л., Сысуев В. В.* Информационные технологии в лесном хозяйстве. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. 378 с.
22. *Шинкаренко И. Б., Дзедзюля А. А.* Оптимизация режимов густоты при целевом выращивании сосновых культур // Лесоведение и лесоводство: Обзорная информация ЦБНТИлесхоз. 1983. № 3. 40 с.
23. *Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С., Суховольский В. Г.* Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 2002. 152 с.
24. *Усольцев В. А., Маленко А. А.* Культуры сосны разной густоты посадки и проблема ее оптимизации // Ботанические исследования в Сибири. Красноярск: Красноярское отд. Российского ботанического общества, 2008. Вып. 16. С. 136-164.
25. Закономерности развития древостоя в культурах сосны обыкновенной разной исходной густоты / Ю.П. Демаков, Т.В. Нурева, А.С. Пуряев и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 4. С. 19-33.
26. *Сеннов С. Н.* Уход за лесом (экологические основы). М.: Лесная промышленность, 1984. 128 с.

Статья поступила в редакцию 19.02.19.

Принята к публикации 06.03.19.

#### Информация об авторах

*ПУРЯЕВ Айну́р Султангалиевич* – кандидат биологических наук, доцент, директор Восточно-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ. Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, искусственное лесовосстановление, почвоведение. Автор 80 публикаций, в том числе одной монографии.

*ЗАРИПОВ Ильгизар Наилевич* – соискатель кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет; управляющий делами Министерства лесного хозяйства Республики Татарстан. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и биогеоценология. Автор 10 публикаций.

UDC 630\*181+630\*6

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.21

**PECULIARITIES FOR DEVELOPMENT OF STANDS  
IN THE SIBERIAN LARCH PLANTATIONS  
REPUBLIC OF TATARSTAN**

*A. S. Puryaev<sup>1</sup>, I. N. Zaripov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>East-European Forest Experiment Station,  
All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry,  
40, Tovarishcheskaya St., Kazan, 420097, Russian Federation

<sup>2</sup>Ministry of Forestry of the Republic of Tatarstan,  
37a, pr. Yamasheva, Kazan, 420124, Russian Federation  
E-mail: purjaew@rambler.ru

**Keywords:** *Siberian larch; forest plantations; stand; development; mathematical models.*

**ABSTRACT**

**Introduction.** *Improvement of ecological and resource potential of forests through the enhancement of the technologies of forest regeneration and selection of the most economically valuable woody species is an important task for forestry. Siberian larch (*Larix sibirica* L.) grows quickly, it shows a high productivity and it is considered to be a long-lived tree. Thus, Siberian larch is one of the perspective species for target-oriented growth. The goal of the research was to reveal the regularities for development of Siberian larch stands in the plantations, established in various types of forest growth conditions in the Republic of Tatarstan, and to describe them as mathematical models. Objects and methods of research were mensurational descriptions of plantations of all the forest districts in the Republic of Tatarstan for 01.01.2011 (over 2 ths. allotments). On the basis of these mensurational descriptions, an e-data base was built. Standard methods of mathematical statistics with the applied programs Excel and Statistica were used to process the collected digital material. Results. Statistical data and mathematical models, showing the dynamics of mensuration figures for the stands of artificial origin (Siberian larch) in various types of forest growth conditions of the Republic of Tatarstan, are given. It is noted that the nature of their development in various types of forest growth conditions and geomorphical districts of the Republic of Tatarstan is very specific. Larch plantations grow better in fresh oak forests ( $D_2$ ). In 85 years, the standing volume of trunk timber is about 377 m<sup>3</sup>/ha (mean figures). Maximum mean annual increment of volume (4,35-6,21 m<sup>3</sup>/ha) is observed in 30-40-year old plantations. Maximum annual growth of list price (179,2-288,2 Rub./ha) which shows the optimum year for felling of primary use, is considered to be for 60-year old plantations in all the types of forest growth conditions. Conclusion. It is viable to grow Siberian larch plantations in the Republic of Tatarstan at large. However, it is necessary to improve the technologies of establishment and tendance for the plantations. To accelerate the process for obtaining the large merchantable wood, it is possible to opt for optimization of the initial density of plantations and timely cleaning cuttings.*

**Acknowledgement.** The authors would like to express their sincere gratitude to Prof. Yuri P. Demakov (visiting professor of the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnology, Volga State University of Technology) for his significant assistance when preparing the article.

**REFERENCES**

1. Yablokov A. S. *Kultura listvennitsy i ukhod za nasazhdeniyami* [Larch Plantations and Tending]. Moscow: Goslesbumizdat, 1934. 128 p. (In Russ.).
2. Nikitin K. E. *Listvennitsa na Ukraine* [Larch in the Ukraine]. Kyiv: Urozhai, 1966. 332 p. (In Russ.).
3. Kupriyanov N. V. Opyt vyrashchivaniya listvennitsy v kulture Gorkovskoy oblasti [An Experience to Grow Larch in the Plantations of Gorkovskiy Region]. *IVUZ: Lesnoy zhurnal* [Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry Journal]. 1969. No 1. Pp. 39-43. (In Russ.).
4. Kalinichenko N. P., Pisarenko A. I., Smirnov N. A. *Lesovosstanovlenie na vyrubkakh* [Forest Restoration on the Clearances]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1973. 325 p. (In Russ.).
5. Batalov P. P. Opyt vyrashchivaniya listvennitsy sibirskoy [An Experience to Grow Siberian Larch]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 1975. No 1. Pp. 92-94. (In Russ.).
6. Lobanov Ya. Ya., Snarskiy E. S. *Listvennitsa sibirskaya v Kuybyshevskom Zavolzhe* [Siberian Larch in the Kuibyshev Trans-Volga Region]. *Lesnoe khozyaystvo Kuibyshevskoy oblasti* [Forestry in Kuibyshev Region]. Kuibyshev: Kuibyshevskoe kn.izdvo, 1976. Iss. 2. Pp. 53-60. (In Russ.).
7. Timofeev V. P. *Listvennitsa v kulture* [Larch in Plantations]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1981. 162 p. (In Russ.).
8. Karaseva M. A. *Listvennitsa sibirskaya v Srednem Povolzhe* [Siberian Larch in the Middle Volga Region]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2003. 376 p. (In Russ.).
9. Zaripov I. N., Puryaev A. S. *Struktura drevostoev listvennitsy sibirskoy v Respublike Tatarstan* [Structure of Siberian Larch Stands in the Republic of Ta-

tarstan]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya:elektronnyy setevoy zhurnal* [Forestry Information: e-network journal]. 2018. No 2. Pp. 28-34. (In Russ.).

10. Demakov Yu.P., Isaev A.V., Karaseva M. A. Sostoyaniye kultur listvennitsy Larix sibirica (Pinaceae) v Respublike Mariy El [State of Larix sibirica (Pinaceae) Plantations in the Republic of Mari El]. *Rastitelnye resursy* [Plant Resources]. 2016. Vol. 52, No 4. Pp. 465-483. (In Russ.).

11. Demakov Yu.P., Nureeva T.V., Puryaev A.S. et al. Ekonomicheskie osnovy i opyt plantatsionnogo lesovyrashchivaniya v Srednem Povolzhe [Economic Basis and Experience of Plantation Growth of Forest Stands in the Middle Volga Region]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science]. 2018. No 2. Pp. 3-14. (In Russ.).

12. Demakov Yu.P. *Struktura i zakonomernosti razvitiya lesov Respubliki Mariy El* [Structure and Regularities for Forests Development in Mari El Republic]. Yoshkar-Ola: PGTU, 2018. 432 p. (In Russ.).

13. Draper N, Smith H. *Prikladnoy regressionnyy analiz* [Applied Regression Analysis]. Moscow: Statistika, 1973. 392 p. (In Russ.).

14. Grinin A. S., Orekhov N. A., Novikov V. N. *Matematicheskoe modelirovanie v ekologii* [Mathematic Simulation in Ecology]. Moscow: YUNITI-DANA, 2003. 269 p. (In Russ.).

15. Kuzmichev V. V. *Zakonomernosti rosta drevostoev* [Regularities for Stands Development]. Novosibirsk: Nauka, 1977. 160 p. (In Russ.).

16. Kofman G. B. Uravneniya rosta i ontogeneticheskaya allometriya [Growth Equations and Ontogenetic Allometry]. *Matematicheskaya biologiya razvitiya* [Mathematical Biology of Development]. Moscow: Nauka, 1982. Pp. 49-55. (In Russ.).

17. Demakov Yu.P., Isaev A.V. Potentsialnaya proizvoditelnost drevostoev osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Rossii [Potential Productivity of Stands of the Main Forest-Forming Species in Russia]. *Ekopotentsial* [Ecopotential]. 2014. No 4. Pp. 41-50. (In Russ.).

18. Demakov Yu.P., Isaev A.V., Chernykh V.L. et al. Ispolzovanie allometricheskikh zavisimostey dlya otsenki fitomassy razlichnykh fraktsiy derevev i modelirovaniya ikh dinamiki [Allometric Dependencies to Estimate the Phytomass of Different Fractions of Trees and to Simulate Their Dynamics]. *Vestnik Povolzhskogo*

*gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2015. № 2. Pp. 19-36. (In Russ.).

19. Kiviste A. K. *Funktsii rosta lesa* [Functions of Forest Growth]. Tartu: Estonskaya SKhA, 1988. 108 p. (In Russ.).

20. Demakov Yu.P. *Ustoychivost lesnykh ekosistem: metodicheskie i metodologicheskie aspekty* [Forest Ecosystems Stability: Methodical and Methodological Aspects]. Yoshkar-Ola: Periodika Mariy El, 2000. 416 p. (In Russ.).

21. Chernykh V.L., Sysuev V. V. *Informatsionnyy tekhnologii v lesnom khozyaystve* [IT in Forestry]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2000. 378 p. (In Russ.).

22. Shinkarenko I. B., Dzedzulya A. A. Optimizatsiya rezhimov gustoty pri tselevom vyrashchivaniy sosnovykh kultur [Optimization of Density under Target-Oriented Growth of Pine]. *Lesovedenie i lesovodstvo: Obzornaya informatsiya TsBNTIleskhoz* [Silviculture and Forestry: review of TsBNTIleskhoz]. 1983. No 3. 40 p. (In Russ.).

23. Buzykin A. I., Pshennichnikova L. S., Sukhovolskiy V. G. *Gustota i produktivnost drevesnykh tsenozov* [Density and Productivity of Forest Censuses]. Novosibirsk: Nauka, 2002. 152 p. (In Russ.).

24. Usoltsev V. A., Malenko A. A. Kultury sosny raznoy gustoty posadki i problema ee optimizatsii [Pine Plantations of Various Planting Density and the Problem for Its Optimization]. *Botanicheskie issledovaniya v Sibiri* [Botanical Research in Siberia]. Krasnoyarsk: Krasnoyarskoe otd. Rossiyskogo botanicheskogo ob-va, 2008. Iss. 16. Pp. 136-164. (In Russ.).

25. Demakov Yu.P., Nureeva T.V., Puryaev A.S. et al. Zakonomernosti razvitiya drevostoya v kulturakh sosny obyknovnoy raznoy iskhodnoy gustoty [Peculiarities of Stand Development in Scots Pine Plantations of Various Initial Density]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2016. No 4. Pp. 19-33. (In Russ.).

26. Sennov S. N. Ukhod za lesom (ekologicheskie osnovy) [Forest Tending (ecological basis)]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1984. 128 p. (In Russ.).

The article was received 19.02.19.

Accepted for publication 06.03.19.

**For citation:** Puryaev A. S., Zaripov I. N. Peculiarities for Development of Stands in the Siberian Larch Plantations (Republic of Tatarstan). *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2019. No 1 (41). Pp. 21–31. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.21

#### Information about authors

*Ainur S. Puryaev* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Director of East-European Forest Experiment Station, All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry. Research interests – forestry, silviculture, artificial forest regeneration, pedology. The author of 80 publications, including one monograph.

*Ilgizar N. Zaripov* – Seeker for a Candidate degree (external PhD student) at the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnology, Volga State University of Technology; administrator of the Ministry of Forestry of the Republic of Tatarstan. Research interests – artificial forest regeneration and biogeocenology. The author of 10 publications.