



загрязнения природных водоемов // Патент РФ № 2387992. 2010. Бюл. № 12.

18. *Сергеева И.В., Евдокимов Н.А.* Особенности экологии *Arctodiaptomus bacillifer* Koelbel, 1885 (Crustacea, Calanoida) во временных водоемах Саратовской области // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 5. – С. 26–30.

19. Фауна хирономид (Diptera, Chironomidae) острова Сахалин: материалы Междунар. сахалин. проекта / Е.А. Макаренченко [и др.]. – Владивосток, 2005. – Ч. 2. – С. 189–223.

Сергеева Ирина Вячеславовна, д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Евдокимов Николай Анатольевич, канд. биол. наук, доцент кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени

Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8452) 26-16-28.

Сергеева Евгения Сергеевна, канд. мед. наук, доцент кафедры «Общая гигиена и экология», Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского Минздрава России.

410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, 112.

Тел.: (8452) 66-97-28.

Евдокимова Анастасия Игоревна, канд. пед. наук, доцент кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8452) 26-16-28.

Ключевые слова: *Arctodiaptomus bacillifer* (Koelbel, 1885); рост и развитие; весенняя и летние генерации; размеры взрослых рачков; размерная структура популяции.

ENVIRONMENTAL DEPENDENCE OF THE FORMATION OF THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE POPULATIONS *ARCTODIAPTOMUS BACILLIFER* KOELBEL, 1885 (CRUSTACEA, CALANOIDA) IN WATER BODIES OF THE LOWER VOLGA REGION

Sergeeva Irina Vyacheslavovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Yevdokimov Nikolay Anatolyevich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Sergeeva Evgenia Sergeevna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the chair "General Hygiene and Ecology", Saratov State Medical University in honor of V.I. Razumovskii. Russia.

Yevdokimova Anastasia Igorevna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: *Arctodiaptomus bacillifer*; growth and development; spring and summer generations; the sizes of adult copepods; size structure of populations.

For populations *Arctodiaptomus bacillifer* (Koelbel, 1885) in waterbodies of a southeast of the European part of Russia seasonal and temperature conditions are specified. Features of development spring and summer generations are revealed. The leading factors defining the sizes of adult individuals are allocated: temperature at which occurred nauplius development, density of a population and salinity of waterbodies. For laws of growth values of the sum of effective temperatures and parameters exponential dependences are established.

УДК 630.232.12

РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЁВА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ХЛЮСТОВ Виталий Константинович, Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева

КОРЕШКОВ Николай Владимирович, Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева

Приведены результаты анализа возрастной динамики показателей роста и продуктивности географических культур лиственницы Сукачёва, достигших 60-летнего возраста в условиях мезофильных (свежих) сложных суборей (С₂) Московской области. Объекты представлены 13 экотипами лиственницы с начальной густотой посадки 2-летними сеянцами в количестве 8 тыс. шт./га. Показаны многомерные уравнения регрессии возрастной динамики средней высоты, среднего диаметра и показателей продуктивности. Даны рекомендации к выбору и внедрению в лесокультурное производство наиболее продуктивных и экологически устойчивых экотипов лиственницы.

Лиственница Сукачёва (*Larix Sukaczewii* Djil. sp. nov.) описана Рупрехтом в 1845 г., Шафером в 1913 г. и В.Н. Сукачёвым в 1924–1934 гг. в ранге подвида – климатипа лиственницы сибирской. В 1947 г. Н.В. Дылисом она выделена в самостоятельный вид с

естественным распространением на запад от Онежского озера и Белого моря до Урала и р. Оби на востоке, т.е. до западной границы ареала лиственницы сибирской. Южной границей лиственницы Сукачёва является граница таежных лесов европейской части России. При



интродукции лиственница Сукачёва лучше растёт в центральной части подзоны хвойно-широколиственных лесов и лесостепи европейской части России [4].

В благоприятных лесорастительных условиях деревья достигают высоты 35–40 м при толщине – 1,5 м. Ствол обычно утолщен к основанию. Лиственница произрастает вместе с другими хвойными породами: елью, пихтой и сосной. Основной способ размножения – семенной, но встречается и вегетативный. Доживает до 350 лет. На лесосеках и пожарищах зачастую выступает в качестве лесообразующей породы пионерного типа. Предпочитает подзолистые или дерново-подзолистые почвы. Холодостойка, светолюбива, требовательна к влажности почвы и воздуха, но избегает избыточного увлажнения [7, 8].

Опыты по выращиванию географических культур проводятся в целях изучения способности к акклиматизации и интродукции древесных видов и экотипов, определения их экологической устойчивости в новых климатических и почвенно-гидрологических условиях [3]. Актуальность исследования определена необходимостью улучшения состава лесов Московской области путем внедрения в лесные фитоценозы высокопродуктивных и экологически устойчивых древесных видов.

Целью исследования предусмотрено выявление закономерностей возрастной динамики основных дендрометрических показателей стволов деревьев (средних высот, диаметров и объемов), наличного запаса, текущего и среднего прироста с отбором наиболее продуктивных и экологически устойчивых экотипов.

Методика исследований. Исследования включали в себя построение статистических моделей и выявление закономерностей возрастной динамики морфометрических показателей роста и продуктивности географических культур лиственницы в условиях мезофильных (свежих) сложных суборей (C_2), ранжирование экотипов по показателям роста и продуктивности древостоев.

Объект исследования представлен числыми по составу географическими культурами лиственницы Сукачёва, созданными в 1954–1955 гг. лесничим П.И. Дементьевым под научным руководством профессора В.П. Тимофеева в 74-м квартале Бронницкого лесничества Виноградовского лесхоза Московской области. Посадка культур выполнена в 1954 г. 2-летними сеянцами, выращенными в лесном питомнике Бронницкого лесничества. Размещение посадочных мест осуществлено по схеме 2,5×0,5 м (густота посадки 8000 шт./га.). Дополнение культур проведено

в 1955 г. 3-летними сеянцами. Посадка культур произведена ранней весной под «Меч Колесова» после проведения раскорчевки пней и сплошной подготовки почвы [7, 8].

Достоверность определения таксационных показателей экотипов по данным переписей в 2012–2013 гг. на постоянных пробных площадях оценена по отношению статистических показателей (СП) к ошибкам репрезентативности [1]. Для статистической оценки достоверности определения средних значений высот (H , м), диаметров (D , см), объемов стволов (V , м³) экотипов при моделировании их возрастной динамики использованы средние арифметические, стандартные отклонения (σ), коэффициенты вариации (V , %), коэффициенты дифференциации (V_d , %), точность определения средних величин ($\pm P$, %) и доверительные интервалы для генеральных средних (ДИГС). Средняя высота экотипов определена по графикам высот, построенным по 20–30 учетным деревьям, охватывающим размах варьирования деревьев по толщине. Уравнения регрессии графиков высот по каждому экотипу использованы для получения теоретических значений высот при известной толщине деревьев на высоте груди. Объем стволов определен по уравнению регрессии, полученному по данным региональных таблиц объемов [1]. Суммированием объемов стволов на пробной площади получен запас древостоя по конкретному экотипу.

Для математической интерпретации возрастной динамики средних высот, средних диаметров и показателей продуктивности географических культур использованы полиномиально-логарифмические регрессионные модели, отвечающие требованиям, предъявляемым к ростовым функциям.

Результаты исследований. Статистический анализ данных сплошного переписи деревьев на постоянных пробных площадях позволил оценить достоверность статистических показателей по каждому из 13 экотипов лиственницы. На первом этапе произведен расчет статистических показателей выборки высот деревьев по годам переписей. В табл. 1 приведены значения статистических показателей, характеризующих выборки по переписям, проведенным в 2012 г.

Достоверность статистических показателей как отношения значений показателей к их ошибкам во всех случаях превышает критическую величину ($t > 3,0$), что свидетельствует о надежности данных для построения статистических моделей возрастной динамики показателей роста и продуктивности экотипов. Показатели варьирования высоты деревьев имеют по стандартному отклонению σ диапа-



зон от 1,5 до 4,8 м, по коэффициенту вариации V – от 6,7 до 18,9 %, коэффициенту детерминации V_d – от 21,2 до 41,2 %. Точность определения средней высоты P находится в диапазоне от $\pm 0,5$ до $\pm 1,3$ %. Наряду с этим был оценен доверительный интервал для генеральной средней (ДИГС) лесных культур, характеризуемый предельными значениями средней высоты на 95%-м уровне доверительной вероятности, который находится в пределах 1 м при точности ее определения до $\pm 1,3$ %.

В отличие от существующей теории хода роста древостоев, построенной для совокупности нормальных (полных, максимально сомкнутых) древостоев, каждый экотип имеет присущую лишь ему динамику изменения таксационных показателей. Для моделирования динамики средней высоты древостоев по данным постоянных пробных площадей (ППП) использована ростовая функция Корсуна – Бакмана, параметры которой приведены в табл. 2.

$$H = \exp(a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A), \quad (1)$$

где H – средняя высота, м; A – возраст, лет a_i ; – численные коэффициенты уравнения.

Значения показателя детерминации ($R^2=0,982 \div 0,999$) и ошибок уравнений ($SE=\pm 0,029 \div 0,075$) указывают на высокую надежность полученных регрессий. Расхождение линий возрастной динамики средней высоты и ее текущего прироста экотипов показано на рис. 1.

По аналогии со статистическим анализом выборок по высоте деревьев были получены сведения о показателях изменчивости толщины деревьев и точности определения среднего диаметра древостоев (табл. 3). Так, стандартное отклонение находится в диапазоне от 5,3 до 11,2 см, коэффициенты вариации – от 22,6 до 40,4 %, дифференциации – от 37 до 54,7 %; точность определения среднего диаметра – от $\pm 1,7$ до $\pm 2,9$ %. Доверительный интервал для генеральной средней на 95 %-м уровне доверительной вероятности укладывается в 2-сантиметровую ступень толщины.

Таблица 1

Статистические показатели и ошибки репрезентативности выборок по высоте деревьев лиственницы 60-летнего возраста, выращенных из семян разного географического происхождения

№ ППП	География происхождения экотипов лиственницы Сукачева	Статистические показатели					
		$H \pm m_D$ (м)	$\sigma \pm m_\sigma$ (м)	$V \pm m_V$ (%)	$V_d \pm m_{V_d}$ (%)	$P \pm m_P$ (%)	ДИГС _{0,95} (м)
1	Коми АССР, Удорский р-н	22,4 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	6,7 $\pm$ 0,1	31,1 $\pm$ 0,5	0,5 $\pm$ 0,1	22,2 – 22,6
4	Архангельская обл., Вельский р-н	30,5 $\pm$ 0,3	3,7 $\pm$ 0,2	12,0 $\pm$ 0,1	32,9 $\pm$ 0,5	0,8 $\pm$ 0,1	30,0 – 31,0
12	Кировская обл., Подосиновский р-н	29,8 $\pm$ 0,2	2,9 $\pm$ 0,1	9,7 $\pm$ 0,1	38,8 $\pm$ 0,7	0,6 $\pm$ 0,1	29,4 – 30,2
13	Свердловская обл., Исовский р-н	28,7 $\pm$ 0,2	2,3 $\pm$ 0,1	7,8 $\pm$ 0,1	40,7 $\pm$ 0,9	0,6 $\pm$ 0,1	28,4 – 29,1
14	Башкирская АССР, Чалнинский р-н	27,7 $\pm$ 0,3	4,3 $\pm$ 0,2	15,4 $\pm$ 0,1	21,2 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,1	27,1 – 28,3
21	Пермская обл., Чердынский р-н	21,3 $\pm$ 0,2	3,5 $\pm$ 0,2	16,3 $\pm$ 0,1	38,5 $\pm$ 0,7	1,1 $\pm$ 0,1	20,9 – 21,8
26	Удмуртская АССР, Граховский р-н	25,5 $\pm$ 0,3	4,8 $\pm$ 0,2	18,9 $\pm$ 0,2	30,2 $\pm$ 0,4	1,3 $\pm$ 0,1	24,8 – 26,1
29	Кировская обл., Кировский р-н	25,3 $\pm$ 0,3	4,3 $\pm$ 0,2	16,8 $\pm$ 0,1	40,5 $\pm$ 0,7	1,1 $\pm$ 0,1	24,8 – 25,9
31	Смоленская обл., Дугинский р-н	28,4 $\pm$ 0,2	2,6 $\pm$ 0,1	9,3 $\pm$ 0,1	36,1 $\pm$ 0,7	0,7 $\pm$ 0,1	28,0 – 28,8
32	Челябинская обл., Миасский р-н	21,8 $\pm$ 0,2	3,6 $\pm$ 0,2	16,8 $\pm$ 0,1	25,4 $\pm$ 0,3	1,1 $\pm$ 0,1	21,3 – 22,2
38	Свердловская обл., Висимский р-н	27,9 $\pm$ 0,3	3,1 $\pm$ 0,2	11,1 $\pm$ 0,1	36,8 $\pm$ 0,8	0,9 $\pm$ 0,1	27,4 – 28,4
39	Ивановская обл., Сокольский р-н	28,5 $\pm$ 0,2	2,6 $\pm$ 0,1	9,2 $\pm$ 0,1	41,2 $\pm$ 0,8	0,6 $\pm$ 0,1	28,2 – 28,9
40	Карельская обл., Пудожский р-н	27,2 $\pm$ 0,2	2,4 $\pm$ 0,1	8,8 $\pm$ 0,1	33,7 $\pm$ 0,6	0,6 $\pm$ 0,1	26,9 – 27,6

Таблица 2

Параметры регрессионных моделей роста экотипов по средней высоте

№ ППП	География происхождения экотипов лиственницы Сукачева	Параметры уравнения H				
		a_0	a_1	a_2	R^2	SE
1	Коми АССР, Удорский р-н	-5,8191	4,0853	-0,4636	0,997	0,033
4	Архангельская обл., Вельский р-н	-3,2801	2,7001	-0,2713	0,999	0,040
12	Кировская обл., Подосиновский р-н	-4,7809	3,4610	-0,3635	0,991	0,057
13	Свердловская обл., Исовский р-н	-3,8446	3,0146	-0,3093	0,995	0,038
14	Башкирская АССР, Чалнинский р-н	-5,4514	3,7993	-0,4095	0,994	0,050
21	Пермская обл., Чердынский р-н	-5,1108	3,6772	-0,4078	0,995	0,041
26	Удмуртская АССР, Граховский р-н	-4,0093	3,1375	-0,3332	0,995	0,038
29	Кировская обл., Кировский р-н	-5,3391	3,9957	-0,4630	0,982	0,075
31	Смоленская обл., Дугинский р-н	-3,6967	2,9522	-0,3027	0,990	0,053
32	Челябинская обл., Миасский р-н	-5,2001	3,8769	-0,4501	0,997	0,029
38	Свердловская обл., Висимский р-н	-5,2431	3,9471	-0,4539	0,995	0,041
39	Ивановская обл., Сокольский р-н	-4,2776	3,5027	-0,4017	0,994	0,039
40	Карельская обл., Пудожский р-н	-4,9091	3,5342	-0,3761	0,993	0,049

Статистические показатели и ошибки репрезентативности выборок по толщине деревьев лиственницы 60-летнего возраста, выращенных из семян разного географического происхождения

№ ППП	География происхождения экотипов лиственницы Сукачева	Статистические показатели					
		$D \pm m_D$ (см)	$\sigma \pm m_\sigma$ (см)	$V \pm m_V$ (%)	$V_d \pm m_{V_d}$ (%)	$P \pm m_P$ (%)	ДИГ $C_{0,95}$ (см)
1	Коми АССР, Удорский р-н	25,2±0,4	5,9±0,3	23,6±0,3	42,7±0,9	1,7±0,1	24,4 – 26,0
4	Архангельская обл., Вельский р-н	24,6±0,5	6,6±0,3	26,9±0,4	45,0±1,0	1,8±0,1	23,8 – 25,5
12	Кировская обл., Подосиновский р-н	24,9±0,4	6,9±0,3	27,5±0,3	49,6±1,1	1,8±0,1	24,1 – 25,8
13	Свердловская обл., Исовский р-н	23,3±0,4	5,3±0,3	22,6±0,3	51,0±1,3	1,7±0,1	22,5 – 24,1
14	Башкирская АССР, Чалнинский р-н	23,1±0,5	6,7±0,3	29,1±0,4	37,0±0,7	2,1±0,1	22,1 – 24,0
21	Пермская обл., Чердынский р-н	22,6±0,5	7,5±0,4	33,0±0,5	54,7±1,5	2,3±0,1	21,6 – 23,6
26	Удмуртская АССР, Граховский р-н	24,2±0,4	6,7±0,3	27,6±0,4	42,7±1,9	1,8±0,1	23,3 – 25,1
29	Кировская обл., Кировский р-н	25,5±0,5	8,4±0,4	32,9±0,5	56,0±1,4	2,1±0,1	24,4 – 26,5
31	Смоленская обл., Дугинский р-н	27,6±0,8	11,2±0,6	40,4±0,8	58,6±1,8	2,9±0,1	26,1 – 29,2
32	Челябинская обл., Миасский р-н	22,2±0,5	7,3±0,3	32,7±0,5	43,0±0,9	2,1±0,1	21,3 – 23,2
38	Свердловская обл., Висимский р-н	24,4±0,5	5,4±0,3	22,3±0,3	45,9±1,3	1,9±0,1	23,4 – 25,3
39	Ивановская обл., Сокольский р-н	26,0±0,5	7,4±0,4	28,5±0,4	54,3±1,5	2,0±0,1	25,0 – 27,0
40	Карельская обл., Пудожский р-н	25,4±0,4	6,2±0,3	24,4±0,3	45,2±1,0	1,8±0,1	24,5 – 26,3

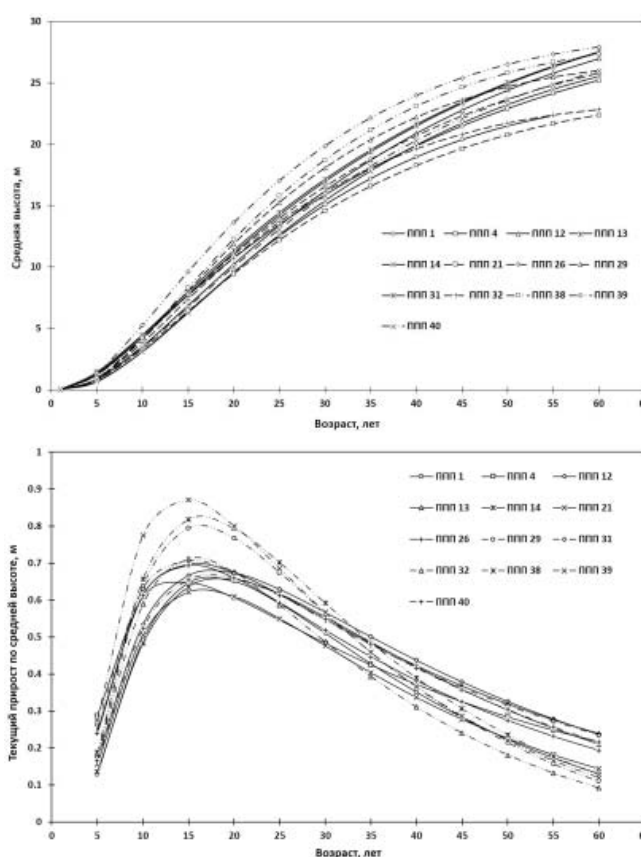


Рис. 1. Возрастная динамика средней высоты и ее текущего прироста экотипов лиственницы по данным постоянных пробных площадей

Статистическая оценка 60-летних экотипов лиственницы подтверждает достоверность данных для построения регрессий возрастной динамики среднего диаметра древостоев. Использование полиноми-логарифмической функции третьей степени (2) в большей мере отвечает реальным возрастным изменениям среднего диаметра, о чем свидетельствуют значения константы начального роста a_0 ,

которые существенно меньше аналогичного показателя в регрессиях средней высоты (1), табл. 4.

$$D = \exp(a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + a_3 \ln^3 A) \quad (2)$$

Значения показателя детерминации ($R^2=0,999$) и ошибок уравнений ($SE=\pm 0,0019 \div 0,016$) указывают на высокую надежность полученных регрессий. Расхождение линий возрастной динамики среднего диаметра и текущего прироста экотипов наглядно показано на рис. 2.

Объем стволов деревьев в коре определен по регрессионной модели (3), относящейся к древесным стволам разной толщины и высоты в соответствии с данными объемных таблиц для культур лиственницы [1].

$$\exp(-8,93293 + 1,409992 \ln d_i + 0,065137 \ln^2 d_i + 0,988732 \ln h_i) \quad (3)$$

$$R^2 = 0,999; S_y = \pm 0,011$$

Статистическая оценка полученных выборок объемов стволов деревьев географических культур 60-летнего возраста представлена в табл. 5.

Отношение значений показателей к их ошибкам во всех случаях превышает критическую величину ($t>3,0$), что свидетельствует о надежности данных для построения статистических моделей возрастной динамики объема ствола среднего дерева экотипа. Минимальные и максимальные объемы стволов средних деревьев по экотипам отличаются почти в два раза (от 0,54 до 1,04 м³), стандартное отклонение составляет от 0,33 до 0,96 м³, коэффициент вариации – от 49,4 до 92,1%, коэффициент дифференциации – от 61,0 до 98,2 %; точность определения среднего объема составляет от $\pm 3,6$ до $\pm 6,6$ %. Суммированием объемов стволов на пробной площади





Параметры регрессионных моделей роста экотипов по среднему диаметру древостоев

№ ППП	География происхождения экотипов лиственницы Сукачёва	Параметры уравнения D					
		a_0	a_1	a_2	a_3	R^2	SE
1	Коми АССР, Удорский р-н	-10,5697	8,4423	-1,7565	0,1267	0,999	0,0048
4	Архангельская обл., Вельский р-н	-6,0127	4,6791	-0,7457	0,0370	0,999	0,0080
12	Кировская обл., Подосиновский р-н	-10,3696	7,9173	-1,5519	0,1052	0,999	0,0019
13	Свердловская обл., Исовский р-н	-7,3526	5,9565	-1,1341	0,0749	0,999	0,0105
14	Башкирская АССР, Чалинский р-н	-9,5300	7,4390	-1,4804	0,1021	0,999	0,0032
21	Пермская обл., Чердынский р-н	-12,1307	9,9212	-2,1978	0,1681	0,999	0,0124
26	Удмуртская АССР, Граховский р-н	-6,1900	5,5035	-1,1874	0,0983	0,999	0,0071
29	Кировская обл., Кировский р-н	-11,0409	8,5960	-1,7640	0,1239	0,999	0,0064
31	Смоленская обл., Дугинский р-н	-6,4349	5,8255	-1,3267	0,1192	0,999	0,0153
32	Челябинская обл., Миасский р-н	-9,7172	7,9586	-1,7196	0,1323	0,999	0,0083
38	Свердловская обл., Висимский р-н	-8,7188	7,1138	-1,4446	0,1016	0,999	0,0166
39	Ивановская обл., Сокольский р-н	-6,6551	5,8028	-1,1736	0,0849	0,999	0,0109
40	Карельская обл., Пудожский р-н	-11,3110	9,1034	-1,9424	0,1433	0,999	0,0049

Таблица 5

Статистические показатели и ошибки репрезентативности выборок по объему стволов деревьев лиственницы 60-летнего возраста, выращенных из семян разного географического происхождения

№ ППП	География происхождения экотипов лиственницы Сукачёва	Статистические показатели					
		$V \pm m_D$ (куб. м)	$\sigma \pm m_\sigma$ (куб. м)	$V \pm m_V$ (%)	$V_d \pm m_{V_d}$ (%)	$P \pm m_P$ (%)	ДИГС _{0,95} (куб. м)
1	Коми АССР, Удорский р-н	0,65±0,02	0,34±0,02	51,5±1,3	61,0±1,9	3,6±0,1	0,61 – 0,70
4	Архангельская обл., Вельский р-н	0,78±0,03	0,46±0,02	58,7±1,7	65,5±2,1	4,0±0,1	0,72 – 0,84
12	Кировская обл., Подосиновский р-н	0,78±0,03	0,45±0,02	57,4±1,5	67,0±2,0	3,7±0,1	0,73 – 0,84
13	Свердловская обл., Исовский р-н	0,65±0,02	0,33±0,02	51,2±1,4	67,8±2,4	3,7±0,2	0,60 – 0,69
14	Башкирская АССР, Чалинский р-н	0,66±0,03	0,44±0,02	66,9±2,3	68,0±2,4	4,9±0,2	0,59 – 0,72
21	Пермская обл., Чердынский р-н	0,55±0,03	0,43±0,02	77,7±3,0	85,4±3,6	5,4±0,2	0,50 – 0,61
26	Удмуртская АССР, Граховский р-н	0,69±0,03	0,43±0,02	62,9±1,9	66,7±2,1	4,2±0,1	0,63 – 0,74
29	Кировская обл., Кировский р-н	0,79±0,04	0,61±0,03	76,9±2,7	85,3±3,3	4,9±0,2	0,71 – 0,87
31	Смоленская обл., Дугинский р-н	1,04±0,07	0,96±0,05	92,1±4,3	98,2±4,9	6,6±0,4	0,90 – 1,17
32	Челябинская обл., Миасский р-н	0,54±0,03	0,40±0,02	73,1±2,5	74,9±2,6	4,8±0,2	0,49 – 0,59
38	Свердловская обл., Висимский р-н	0,70±0,03	0,35±0,02	49,4±1,5	60,9±2,2	4,2±0,2	0,64 – 0,76
39	Ивановская обл., Сокольский р-н	0,84±0,04	0,53±0,03	63,0±2,0	75,6±2,8	4,4±0,2	0,77 – 0,91
40	Карельская обл., Пудожский р-н	0,76±0,03	0,41±0,02	53,7±1,5	63,6±2,1	3,9±0,1	0,70 – 0,81

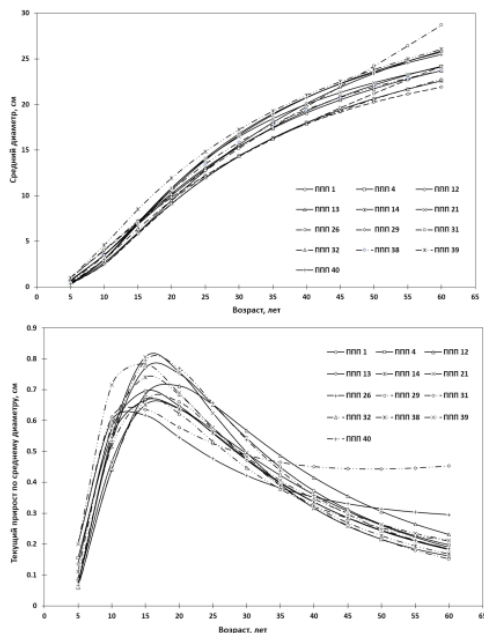


Рис. 2. Возрастная динамика среднего диаметра и его текущего прироста экотипов лиственницы по данным постоянных пробных площадей

получена величина запаса каждого конкретного экотипа.

Задачи, связанные с представлением возрастной динамики продуктивности (M , м³/га) географических культур, успешно решены ме-

тодом регрессий на основе ростовой функции Корсуна – Бакмана:

$$M = \exp(a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A).$$

Параметры регрессий по экотипам представлены в табл. 6.

Графическая интерпретация возрастного изменения запаса каждого экотипа свидетельствует о присущих лишь ему кульминирующих кривых (рис. 3). При этом самая высокая продуктивность (756 м³/га) отмечена у 60-летних культур, полученных из семян, собранных в Дугинском районе Смоленской области (ППП31) и в Кировском районе Кировской области (ППП29). Самая низкая продуктивность отмечена у культур, полученных из семян, собранных в Висимском районе Свердловской области (ППП38), достигая в 45 лет 442 м³/га. Все остальные экотипы укладываются в указанный размах варьирования запаса древостоев.

Особо следует обратить внимание на то, что возраст кульминации запаса по экотипам не совпадает и более того ни одна из кривых возрастной динамики запаса не укладывается в существующую теорию хода роста естествен-

**Параметры регрессионных моделей возрастной динамики запаса, $\text{м}^3/\text{га}$, экотипов
разного географического происхождения**

№ ППП	География происхождения экотипов лиственницы Сукачёва	Параметры уравнения M				
		a_0	a_1	a_2	R^2	SE
1	Коми АССР, Удорский р-н	-23,1614	15,4631	-2,0235	0,955	0,172
4	Архангельская обл., Вельский р-н	-20,3935	13,9968	-1,8195	0,945	0,181
12	Кировская обл., Подосиновский р-н	-12,1793	8,8317	-1,0395	0,972	0,133
13	Свердловская обл., Исовский р-н	-13,9278	10,3205	-1,3186	0,935	0,163
14	Башкирская АССР, Чалинский р-н	-14,9854	10,4793	-1,2988	0,970	0,130
21	Пермская обл., Чердынский р-н	-22,6969	15,4626	-2,0598	0,946	0,167
26	Удмуртская АССР, Граховский р-н	-13,2382	9,9472	-1,2585	0,907	0,202
29	Кировская обл., Кировский р-н	-7,1337	6,0860	-0,6661	0,959	0,143
31	Смоленская обл., Дугинский р-н	-9,3901	7,4946	-0,8749	0,924	0,197
32	Челябинская обл., Миасский р-н	-17,2141	12,2121	-1,5872	0,928	0,183
38	Свердловская обл., Висимский р-н	-14,5985	10,9153	-1,4397	0,928	0,149
39	Ивановская обл., Сокольский р-н	-12,5867	9,7415	-1,2392	0,922	0,174
40	Карельская обл., Пудожский р-н	-16,5410	11,6849	-1,4908	0,914	0,216

но формирующихся древостоев. Это указывает на необходимость изучения возрастной динамики роста и продуктивности конкретных древостоев, а не их статистической совокупности, что в очередной раз подтверждает несовершенство общепринятых методических положений [6, 9].

Ранжирование экотипов по запасу с указанием возраста кульминации представлено рядом: $M=756 \text{ м}^3/\text{га}$, $A=60$ лет, ППП29; $M=750$, $A=60$, ППП31; $M=704$, $A=50$, ППП39; $M=703$, $A=60$, ППП12; $M=680$, $A=45$, ППП4; $M=610$, $A=55$, ППП26; $M=570$, $A=50$, ППП40; $M=590$, $A=45$, ППП1; $M=553$, $A=40$, ППП21; $M=530$, $A=50$, ППП13; $M=528$, $A=45$, ППП32; $M=467$, $A=60$, ППП14; $M=442$, $A=45$, ППП38.

В нижней части рис. 3 показана возрастная динамика текущего изменения запаса, свидетельствующая о том, что у 10 экотипов этот показатель уже к 60 годам становится отрицательной величиной. Это указывает на стадию стагнации текущего прироста, устойчивое снижение полноты и продуктивности древостоев, которая проявится через 20 лет у 3 экотипов лиственницы Сукачёва (ППП12, ППП29, ППП31). По нашему мнению, это связано как с разной продукционной способностью экотипов, так и с завышенной густотой посадки культур.

Наиболее подходящим таксационным показателем для отбора перспективных экотипов лиственницы следует признать среднее изменение запаса. Ранжирование объектов в убывающем порядке представлено на рис.4. Возраст кульминации среднего прироста варьируется от 25 до 45 лет при минимальной и максимальной величине прироста соответственно от 10 до $17 \text{ м}^3/\text{га}$.

Представленные регрессии возрастной

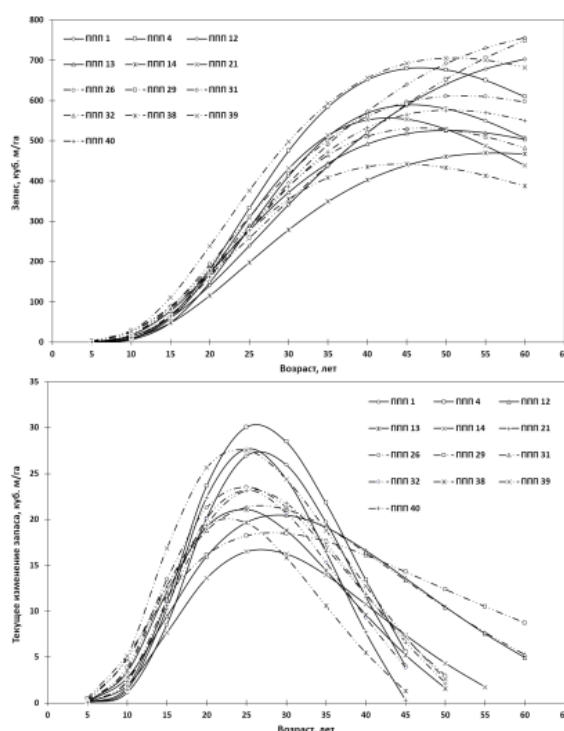


Рис. 3. Возрастная динамика запаса древостоев (сверху) и текущего изменения запаса (снизу) экотипов лиственницы по данным постоянных пробных площадей

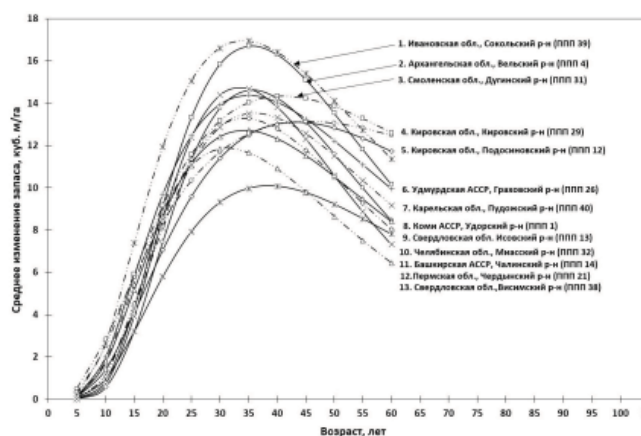


Рис. 4. Возрастная динамика среднего изменения запаса древостоев экотипов лиственницы



динамики таксационных показателей древостоев наглядно показывают различия в закономерностях естественного формирования культур, полученных из семян разного географического происхождения. Асинхронная дифференциация кривых роста и продуктивности древостоев позволяет выбрать наиболее перспективные экотипы для внедрения в лесокультурное производство Московской области.

Выводы. Достоверность определения среднего диаметра, высоты и объема деревьев каждого экотипа лиственницы, оцененная как отношение статистических показателей к их ошибкам во всех случаях больше трех, что указывает на достаточно надежные данные для моделирования возрастной динамики таксационных показателей культур.

Показатели детерминации регрессий возрастной динамики средней высоты ($R^2=0,982\div0,999$), среднего диаметра ($R^2=0,999$) и запаса ($R^2=0,907\div0,972$), ошибок уравнений ($S_H=\pm0,029\div0,075$), ($S_D=\pm0,0019\div0,016$), ($S_M=\pm0,130\div0,216$) указывают на достаточно высокую надежность полученных уравнений.

Кривые возрастной динамики запаса не укладываются в существующую теорию хода роста древостоев. Возраст кульминации запаса по экотипам существенно отличается, что указывает на необходимость изучения возрастной динамики роста и продуктивности конкретных древостоев, а не их статистической совокупности как принято в лесной таксации.

Для выращивания высокопродуктивных и экологически устойчивых экотипов лиственницы Сукачёва в условиях мезофильных (свежих) сложных суборей (C_2) следует использовать семенной материал, собранный в следующих географических пунктах: Сокольском районе Ивановской области (ныне Нижегородской области) (ППП 29), Вельском районе Архангельской области (ППП 4), Дугинском районе Смоленской области (ППП 31), Кировском районе

Кировской области (ППП 29), Подосиновском районе Кировской области (ППП12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов Ю.Ю., Хлюстов В.К. Математические методы в расчетах на ЭВМ: применение в лесоуправлении и экологии: учебник. – М.: МГУЛ, 2001. – 260 с.
2. Глазунов Ю.Б., Мельник П.Г., Мерзленко М.Д. Рост саратовского климатипа сосны обыкновенной в условиях Подмоскovie // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 9. – С. 9–14.
3. Дементьев П.И. Записки лесничего. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 102 с.
4. Дылис Н.В. Лиственница. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 97 с.
5. Загребев В.В., Баранов А.Ф. Сортиментные и товарные таблицы для лесов центральных и южных районов Европейской части РСФСР. – М.: ВНИИЛМ, 1987. – 128 с.
6. Рогозин М.В., Разин Г.С. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели. – Пермь, 2012. – 210 с.
7. Тимофеев В.П. Лиственница в культуре. – Л.: Гослестехиздат, 1947. – 297 с.
8. Тимофеев В.П. Роль лиственницы в поднятии продуктивности лесов. – М.: Лесн. пром-сть, 1961. – 160 с.
9. Хлюстов В.К. Древесный прирост и лесопользование. – СПб., 1992. – 495 с. (Депонир. во ВНИПИЭИ леспром 06.05.92, №2842-лб 92).

Хлюстов Виталий Константинович, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Лесоводство и мелиорация ландшафтов», Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева. Россия.

Корешков Николай Владимирович, ассистент кафедры «Лесоводство и мелиорация ландшафтов», Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева. Россия.

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

Тел.: (499) 977-14-55; e-mail: koreshkov21@mail.ru.

Ключевые слова: лиственница; географические культуры; климатипы; возрастная динамика роста; дендрометрические показатели роста; запас стволовой древесины.

GROWTH AND PRODUCTIVITY SUKACZEVI LARCH PROVENANCE TRIAL PLANTATION IN MOSCOW REGION

Khlyustov Vitaliy Konstantinovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Forestry and Land Reclamation", Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy in honor of K.A. Timiryazev. Russia.

Koreshkov Nikolay Vladimirovich, Assistant of the chair "Forestry and Land Reclamation", Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy in honor of K.A. Timiryazev. Russia

Keywords: larch; provenance trial plantation; climatic types; age dynamics of growth; dendrometric indicators of growth; standing volume.

The article contains analysis results of age dynamics growth and productivity Sukaczewi larch provenance trial plantation, reaching 60-years of age under the conditions of mesophilic (fresh) complex fairly infertile pine site type (C_2) in Moscow region. The objects make up 13 larch climatic types with initial density of 2-year seedlings plantation of 8 thousand pieces per hectare. The article describes the multidimensional regression equations of age dynamics of average height, average diameter and wood productivity. Recommendations about the choice and introduction in silvicultural production of the most productive and ecologically steady ecotypes are given.

