

worldclim.org/bioclim (data obrashcheniya: 07.02.2017 g.).

11. Atlas Respubliki Bashkortostan [Karty]. Yfa, 2005. 420 s.

12. QGIS. V. 2.18.2 [Electronny resurs] // URL: [http://www.qgis.org/ru/site/\(data obrashcheniya: 28.10.2016 g.\)](http://www.qgis.org/ru/site/(data obrashcheniya: 28.10.2016 g.)).

13. OpenStreetMap [Electronny resurs] // URL: <http://openstreetmap.org> (data obrashcheniya: 28.10.2016 g.).

14. EarthExplorer [Electronny resurs] // URL: [https://earthexplorer.usgs.gov/\(data obrashcheniya: 28.10.2016 g.\)](https://earthexplorer.usgs.gov/(data obrashcheniya: 28.10.2016 g.)).

15. Osnovy lesnoj biogeotsenologii / Pod red. V.N. Sukacheva, N.V. Dylisa. M., 1964. 574 s.

The material was received at the editorial office
19.03.2017

Information about the authors

Rahmatullina Irina Rimilevna, candidate of biological sciences, senior lecturer of the chair of ecology and environmental engineering FSBEI HE «BSPU named after M. Akmully»; Russia, 450000, Ufa, ul. Oktyabrskoy revolyutsii 3a; e-mail: rahmat_irina@mail.ru

Rahmatullin Zagir Zabirovich, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair of forestry and landscape design FSBEI HE «Bashkirsky SAU»; Russia, 450001, Ufa, ul. 50 let Oktyabrya, 34; e-mail: zagir1983@mail.ru

Latypov Eljdar Rafiljevich, post graduate student «Bashkirsky SAU»; Russia, 450001, Ufa, ul. 50 let Oktyabrya, 34; e-mail: zagir1983@mail.ru

УДК502/504: 630*17:582.475.2 (470.311)

В.К. ХЛЮСТОВ, Н.В. КОРЕШКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA*)

Цель работы заключается в выявлении закономерностей возрастной динамики таксационных показателей роста и продуктивности географических культур лиственницы сибирской, достигших 60-летнего возраста, в условиях мезофильных (свежих) сложных суборей (С₂). Объекты представлены 14 экотипами лиственницы с начальной густотой посадки 2-летними сеянцами в количестве 8 тыс. шт/га. Возрастная динамика роста и продуктивности экотипов лиственницы описана многомерной асинхронно динамической моделью, сочетающей ростовую функцию и происхождение семян, закодированное бинарными (блоковыми фиктивными) переменными. При завышенной густоте посадки экотипов лиственницы (8 тыс. шт/га) возраст количественной спелости культур варьируется от 35 до 55 лет, что значительно ниже, чем в естественно формирующихся насаждениях лиственницы сибирской в 80 лет. Даны рекомендации по выявлению наиболее продуктивных и экологически устойчивых экотипов. Ранжирование экотипов по продуктивности характеризуется рядом: Омская область, Тарский р-н; Р. Хакассия, Сонский р-н; Московская обл., Краснопахорский р-н; Московская обл., Бронницкий р-н; Московская обл., Бронницкий р-н (лучи.); Иркутская обл., Братский р-н; Тюменская обл., Ханты-Мансийский р-н; Красноярский край, Ермаковский р-н; Красноярская обл., Ирбейский р-н; Новосибирская обл., Тогучинский р-н; Красноярский край, Енисейский р-н; Р. Бурятия, Кяхтинский р-н; Р. Тыва, Кызылский р-н; Красноярский край, Туруханский р-н. Изменение высоты от толщины деревьев (графиков высот) лиственницы зависит от величины среднего диаметра и средней высоты древостоев и отображается трёхпараметрической полиномологарифмической регрессией. Возрастная динамика роста и продуктивности географических культур лиственницы отображается многомерной асинхронно экотипной моделью, сочетающей ростовую функцию и происхождение семян, закодированное бинарными (блоковыми фиктивными) переменными. Чем раньше наступает возраст кульминации прироста по средней высоте и среднему диаметру экотипа, тем быстрее он снижается с возрастом древостоя.

Лиственница, географические культуры, экотипы, возрастная динамика роста, дендрометрические показатели роста, запас стволовой древесины.

Введение. Лиственница сибирская произрастает в пределах лесной зоны, на востоке и северо-востоке Европейской части России, Урала, Западной и Восточной Сибири. На лесосеках и пожарищах она 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 [1, 2].

Общеизвестно, что 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, посадкой высокопродуктивных и экологически устойчивых древесных пород.

Цель исследования заключалась в выявлении закономерностей возрастной динамики роста основных дендрометрических показателей стволов деревьев (средних высот и диаметров), наличного древесного запаса культур лиственницы сибирской и выборе наиболее перспективных экотипов.

Задачами исследования предусмотрено построение регрессионных моделей и выявление многомерных закономерностей возрастной динамики роста и продуктивности географических культур лиственницы в условиях мезофильных (свежих) сложных суборей (C_2), ранжирование экотипов по показателям роста и продуктивности древостоев.

Материал и методы. Объект исследования представлен чистыми по составу географическими культурами лиственницы сибирской, посаженными 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 была выполнена ранней весной под «Меч Колесова» в 1954 г. после проведения раскорчёвки пней и сплошной подготовки почвы 2-летними сеянцами, выращенными в лесном питомнике Бронницкого лесничества. Размещение растений осуществлено по схеме $2,5 \times 0,5$ м (густота посадки – 8000 шт/га). Дополнение культур проведено в 1955 г. 3-летними сеянцами [3, 4].

Географические культуры лиственницы сибирской представлены рядом экотипов с указанием номера постоянной пробной площади (ППП) (табл. 1).

Таблица 1

Значения таксационных показателей экотипов при последнем перечёте в 2013 г.

№ п/п	Район сбора семян	№ ППП	Значение таксационного показателя в 2013 г.					
			на постоянной пробной площади				на 1 га	
			N, шт/га	D, см	H, м	M, куб. м/га	N, шт/га	M, куб. м/га
1	Бурятская АССР, Кяхтинский р-н	2	136	24,5	25,8	86,6	544	346,3
2	Омская область, Тарский р-н	3	300	22,2	27,2	163,6	1200	654,3
3	Московская обл., Бронницкий р-н (лучш.)	7	220	23,8	26,5	133,8	880	535,0
4	Московская обл., Бронницкий р-н	8	243	24,5	26,3	156,8	972	627,0
5	Тувинский АО, Кызыльский р-н	9	104	23,4	22,2	54,6	416	218,2
6	Иркутская обл., Братский р-н	10	333	22,2	25,6	171,6	1332	686,3
7	Красноярская обл., Енисейский р-н	16	136	23,4	26,7	80,5	544	322,1
8	Тюменская обл., Ханты-Мансийский р-н	19	172	26,2	28,8	134,1	688	536,5
9	Хакаский АО, Сонский р-н	20	224	24,2	26,7	142,2	896	568,7
10	Новосибирская обл., Тогучинский р-н	27	141	28,0	29,3	129,3	564	517,4
11	Красноярская обл., Туруханский р-н	30	109	18,8	21,9	36,7	436	146,8
12	Красноярская обл., Ирбейский р-н	33	249	22,2	26,7	132,7	996	530,7
13	Красноярская обл., Ермаковский р-н	34	215	26,2	29,2	168,8	860	675,1
14	Московская обл., Краснопахорский р-н	36	201	25,7	28,3	153,3	804	613,4

Достоверность определения таксационных показателей древостоев по данным перечётов в 2012-2013 гг. на постоянных пробных площадях оценена по ошибкам репрезентативности статистических показателей изменчивости (коэффициента вариации (V, %), стандартного отклонения (σ, см) и точности определения среднего диаметра (±P_D, %) каждого экотипа. Средняя высота культур определена по графику высот, построенному по данным 20-30 учётных деревьев, охватывающих весь диапазон толщины деревьев. С использованием значений высоты и толщины деревьев определены объёмы стволов по уравнению регрессии (1), полученному из данных региональных таблиц объёмов [5]. Суммированием объёмов стволов на пробной площади получен запас каждого экотипа.

Для моделирования возрастной динамики роста и продуктивности древостоев применён метод регрессий [6]. Сочетание во множественной регрессии дендрометрических показателей полномологарифмической ростовой функции и бинарных переменных, кодирующих каждый экотип, позволило получить регрессии возрастной динамики роста и продуктивности древостоев от года посадки до 60-летнего возраста.

Результаты и обсуждение. Статистический анализ данных сплошного перечёта деревьев, проведённого на постоян-

ных пробных площадях, позволил оценить достоверность статистических показателей по каждому из 14 экотипов. Диапазон средних диаметров (D) составил от 18,8 до 28,0 см, ошибок репрезентативности (±m_D) – от ±0,41 до ±0,69 см, коэффициента вариации (V) – от 29,0 до 36,4%, его ошибки (±m_V) – от ±0,40 до ±0,76%, стандартного отклонения (σ) – от 6,0 до 8,8 см, его ошибки (±m_σ) – от ±0,29 до ±0,49 см, точности определения среднего диаметра (±P_D) – от ±1,9 до ±3,2%, её ошибки (±m_{PD}) – от ±0,07 до ±0,18%. Достоверность статистических показателей как отношение значения показателя к его ошибке во всех случаях превышает критическую величину t > 3,0, что свидетельствует о надёжности данных для построения статистических моделей возрастной динамики роста экотипов.

Наряду с этим был оценён доверительный интервал для генеральной средней (ДИГС) 60-летних культур, характеризуемый предельными значениями средней величины на первом и втором пороговом уровнях доверительной вероятности соответственно: ДИГС_{0,683} = D ± 0,40 ÷ 0,69 см, ДИГС_{0,95} = D ± 0,80 ÷ 1,36 см.

На следующем этапе работ была получена обобщенная статистическая модель изменения высоты деревьев (h_i, м) от их толщины (d_i, см) для культурфитоценозов разного среднего диаметра (D, см) и средней высоты древостоев (H, м). Модель графиков высот получила следующий вид:

$$h_i = 1,3 + (H - 1,3) \exp(-1,3306 + 0,0842 \ln D + 0,03656 \ln^2 D - 0,0177 \ln^3 D + 0,003571 \ln^4 D - 0,00022 \ln^5 D + 1,33055 \ln^6 D - 0,08423 \ln d_i - 0,03656 \ln^2 d_i + 0,01771 \ln^4 d_i - 0,00357 \ln^5 d_i + 0,00022 \ln^6 d_i) \quad (1)$$

Для определения объёма древесных стволов получена регрессионная модель вида:

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

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

По данным высоты и толщины деревьев на высоте груди по уравнению (2) рассчитаны значения объёмов стволов в коре. Суммированием объёмов стволов на пробной площади получена величина запаса каждого конкретного экотипа.

Несмотря на то, что культуры произрастают в одних и тех же лесорастительных условиях, между экотипами наблюдаются существенные различия в возрастной динамике как средних дендрометрических пока-

зателей (D, см) и (H, м), так и запаса древостоев (M, м³/га).

Задачи, связанные с представлением возрастных изменений дендрометрических показателей роста и продуктивности лесных культур, успешно решены методом регрессий на базе полиномологарифмической ростовой функции вида:

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

а также фиктивных блоковых переменных, кодирующих происхождение экотипов лиственницы в соответствии с матрицей бинарных переменных (табл. 2).

В окончательном виде модели возрастной динамики среднего диаметра, средней высоты и запаса представлены уравнениями множественной регрессии (3), (4), (5).

$$D = \exp(-4,37794 + 2,35188X_1 + 1,34418X_2 + 1,32748X_3 - 0,42250X_4 + 2,69487X_5 + 0,32129X_6 - 0,03458X_7 + 0,42545X_8 + 1,07905X_9 - 1,20934X_{10} + 3,04164X_{11} + 1,75692X_{12} + 0,47457X_{13} + 2,59886 \ln A - 0,04308 \ln^3 A + \ln A(-0,88306X_1 - 0,61376X_2 - 0,57231X_3 - 0,07797X_4 - 1,12922X_5 - 0,19131X_6 - 0,02174X_7 - 0,13189X_8 - 0,50781X_9 + 0,32466X_{10} - 1,31640X_{11} - 0,96212X_{12} - 0,20990X_3) + \ln^3 A(0,01520X_1 + 0,01524X_2 + 0,01309X_3 + 0,00806X_4 + 0,02521X_5 + 0,00427X_6 + 0,00106X_7 + 0,00152X_8 + 0,01420X_9 - 0,00483X_{10} + 0,03136X_{11} + 0,03130X_{12} + 0,00451X_{13})) \quad (3)$$

$$R^2 = 0,997; m_R = \pm 0,039; t_{\text{расч}} > t_{05} = 1,98.$$

Таблица 2

Кодирование экотипов лиственницы сибирской бинарными переменными

№ п/п	Район сбора семян лиственницы сибирской	№ ППП	Блочная фиктивная переменная												
			X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}
1	Бурятская АССР Кяхтинский р-н	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Омская область Тарский р-н	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Московская обл. Бронницкий р-н (Л)	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Московская обл. Бронницкий р-н	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Тувинский АО Кызыльский р-н	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	Иркутская обл. Братский р-н	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
7	Красноярская обл. Енисейский р-н	16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
8	Тюменская обл. Х-Мансийский р-н	19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
9	Хакасский АО Сонский р-н	20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
10	Новосибирская обл. Тогучинский р-н	27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
11	Красноярская обл. Туруханский р-н	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
12	Красноярская обл. Ирбейский р-н	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
13	Красноярская обл. Ермаковский р-н	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
14	Московская обл. Краснопахорский р-н	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Высокое значение коэффициента детерминации ($R^2 = 0,997$) уравнения указывает на адекватное отображение возрастной динамики экотипов по среднему диаметру древостоев. Затабулированные значения среднего диаметра древостоев позволили получить величину среднепериодического текущего прироста с использованием формулы:

$$Z_D = (D_A - D_{A-5})/5.$$

Графическая интерпретация динамических изменений непосредственно среднеквадратического диаметра и производного от него среднепериодического текущего прироста по пятилетиям представлена на рисунке 1. Судя по расхождению линий регрессии экотипов, отнесённых к разным пробным площадям, следует указать на высокую степень изменчивости среднего диаметра и его прироста в конкретном возрасте культур. Для выбора перспективных экотипов было проведено их ранжирование по ве-

личине среднего диаметра в 60-летнем возрасте древостоев с указанием номера постоянной пробной площади: ППП 19 (27,4 см), ППП 34 (27,4 см), ППП 27 (27,1 см), ППП 16 (26,8 см), ППП 36 (25,8 см), ППП 8 (25,7 см), ППП 33 (25,6 см), ППП 7 (25,4 см), ППП 10 (25,1 см), ППП 2 (24,7 см), ППП 3 (24,3 см), ППП 20 (23,7 см), ППП 30 (22,3 см), ППП 9 (20,3 см).

Наряду с этим следует отметить закономерное изменение крутизны кульминирующих кривых динамики текущего прироста. При этом важно указать на тот факт, что чем раньше наступает кульминация прироста, тем быстрее происходит его снижение с возрастом.

Размах варьирования средних диаметров в 60-летнем возрасте экотипов из Туруханского р-на Красноярского края и Тогучинского р-на Новосибирской области составил от 18,8 до 28,0 см при густоте древостоев соответственно 436 и 564 шт/га и запасе 146,8 и 517,4 м³/га.

С фитоценотической точки зрения соотношение значений среднего диаметра и густоты древостоев в одинаковых лесорастительных условиях должно быть противоположным. Объяснение причин этого

несоответствия кроется в разной экологической устойчивости и адаптационной способности культурфитоценозов к почвенным и климатическим условиям Московского региона.

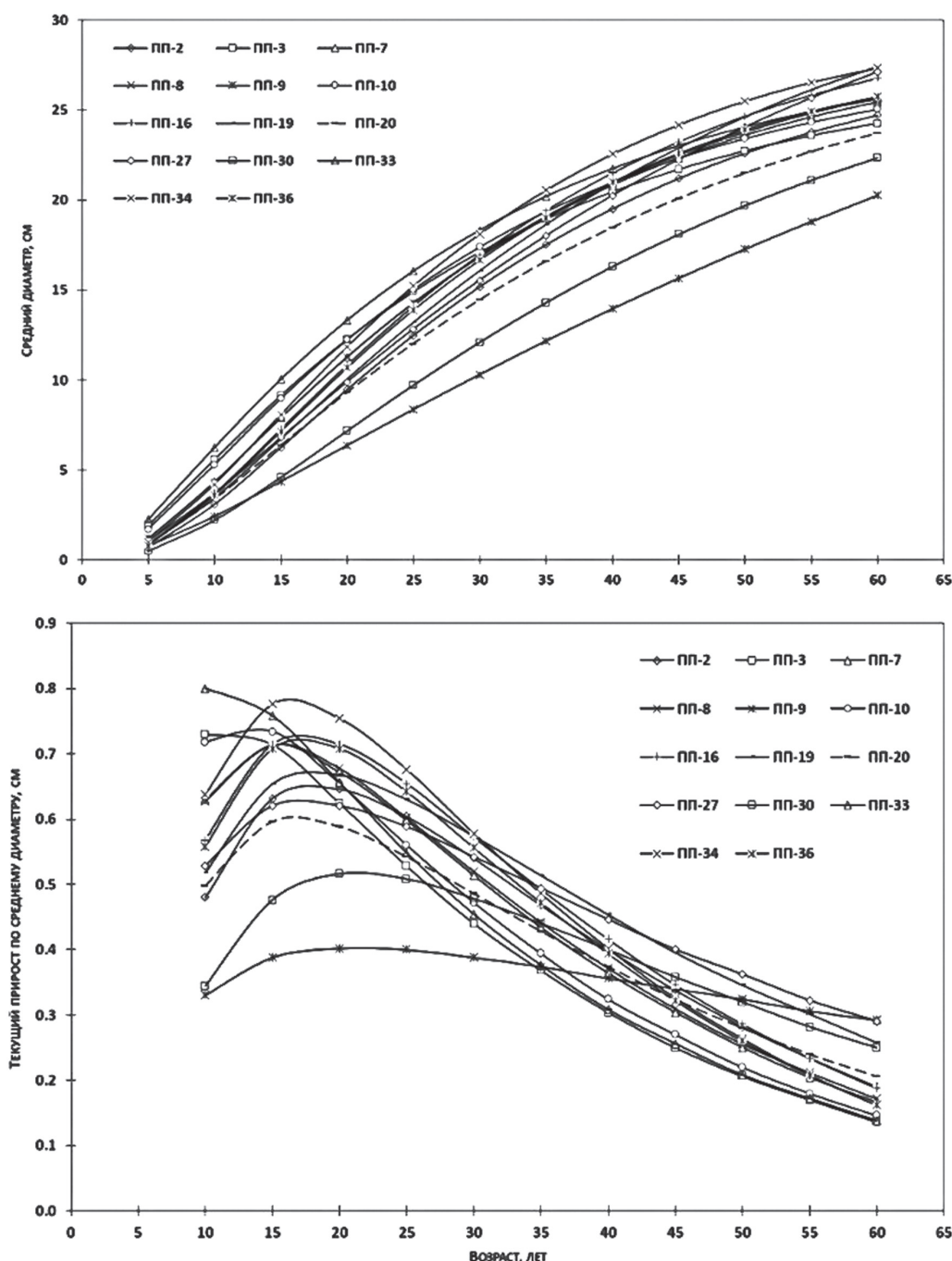


Рис. 1. Возрастная динамика роста и текущего прироста по среднему диаметру экотипов

Аналогичным образом было проведено статистическое моделирование средней высоты древостоев. Возрастная динамика средних высот надёжно описывается уравнением множественной регрессии (4). Очень высокий коэффициент детерминации ($R^2 = 0,999$) указывает на надёжность статистического описания закономерностей

роста экотипов в новых лесорастительных условиях. На рисунке 2 показаны линии регрессии с диапазоном высот в 60-летнем возрасте, охватывающим два класса бонитета $H_{60} = 20,3$ м (Кзыльский р-н Тувинского АО, ППП № 9) $H_{60} = 27,4$ м (Ханты-Мансийский р-н Тюменской обл., ППП № 19):

$$\begin{aligned}
 H = & \exp(-5,51788 + 2,61761X_1 + 1,35185X_2 + 1,34596X_3 + 1,82813X_4 + 2,25956X_5 + \\
 & + 0,43103X_6 + 0,74591X_7 + 1,06260X_8 + 1,59496X_9 - 0,16139X_{10} + 2,91495X_{11} + \\
 & + 0,65304X_{12} + 0,20659X_{13} + 3,84750 \ln A - 0,41918 \ln^2 A + \ln A(-1,17821X_1 - 0,58186X_2 - \\
 & - 0,58376X_3 - 1,41679X_4 - 0,99444X_5 - 0,13238X_6 - 0,42527X_7 - 0,60531X_8 - 0,92640X_9 - \\
 & - 0,18501X_{10} - 1,28275X_{11} - 0,16383X_{12} + 0,00400X_{13} + \ln^2 A(0,13048X_1 + 0,06314X_2 + \\
 & + 0,06460X_3 + 0,22509X_4 + 0,10888X_5 + 0,01133X_6 + 0,06551X_7 + 0,08194X_8 + 0,13661X_9 + \\
 & + 0,04876X_{10} + 0,14149X_{11} + 0,00706X_{12} - 0,01090X_{13}))
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$R^2 = 0,999; m_R = \pm 0,039; t_{\text{расч}} > t_{05} = 1,98.$$

По аналогии с ранжированием среднего диаметра древостоев по средней высоте 60-летних культур проведено их ранжирование по средней высоте, представленное рядом: ППП 19 (27,4 м), ППП 34 (27,4 м), ППП27 (27,1 м), ППП16 (26,8 м), ППП 36 (25,8 м), ППП 8 (25,7 м), ППП 33 (25,6 м), ППП7 (25,4 м), ППП 10 (25,1 м), ППП 2 (24,7 м), ППП3 (24,3 м), ППП 20 (23,7 м), ППП 30 (22,3 м), ППП 9 (20,3 м).

Детальную оценку темпа роста экотипов можно получить, анализируя и сравнивая кривые возрастной динамики среднепе-

риодического текущего прироста по средней высоте древостоев (Z_H).

Если судить по кульминирующим линиям регрессии, напрашивается ранее сделанный вывод о том, что чем раньше наступает возраст кульминации прироста по высоте, тем быстрее идёт его снижение с возрастом.

Особый интерес представляют закономерности возрастной динамики запаса ствольной древесины географических культур лиственницы (M , м³/га), которые описываются регрессионной моделью вида:

$$\begin{aligned}
 M = & \exp(-19,18511 + 6,70526X_1 + 5,35252X_2 + 5,77920X_3 - 1,30667X_4 + 13,49678X_5 - \\
 & - 0,31776X_6 + 4,65701X_7 - 2,11505X_8 + 5,59218X_9 - 5,10284X_{10} + 14,06806X_{11} + \\
 & + 11,86946X_{12} + 2,73315X_{13} + 13,24175 \ln A - 1,74566 \ln^2 A + \ln A(-3,67857X_1 - 3,04051X_2 - \\
 & - 3,40278X_3 - 0,45766X_4 - 7,88545X_5 + 0,17720X_6 - 2,95391X_7 + 1,24959X_8 - 3,53139X_9 + \\
 & + 2,36384X_{10} - 7,89400X_{11} - 7,29288X_{12} - 1,60671X_{13}) + \ln^2 A(0,53895X_1 + 0,44979X_2 + \\
 & + 0,52204X_3 + 0,16900X_4 + 1,16343X_5 - 0,02155X_6 + 0,47110X_7 - 0,15383X_8 + 0,55497X_9 - \\
 & - 0,31050X_{10} + 1,11675X_{11} + 1,11621X_{12} + 0,26160X_{13}))
 \end{aligned} \quad (5)$$

$$R^2 = 0,999; m_R = \pm 0,003; t_{\text{расч}} > t_{05} = 1,98.$$

Линии регрессии, полученные по уравнению (5), приведены в верхней части рисунка 3 и представлены в основном кульминирующими кривыми с минимальным запасом древостоя в 60 лет 170 куб. м/га (Туруханский р-н Красноярского края, ППП 30) и с максимальным – 642 куб. м/га (Тарский р-н Омской обл., ППП 3). Кульминация запаса до 70 лет проявляется у 12 экотипов лиственницы. Исключение представляют два экотипа культур, выращенных из семян, собранных в Братском районе Иркутской области (ППП-10) и Ермаковском районе Красноярского края (ППП № 34). Кульминация запаса у этих экотипов прогнозируется в возрасте 100 лет при запасае 800 куб. м/га. В 60-летнем возрасте этих культур (перечёт 2013 г.) густота древостоев составила соответственно 1332 и 860 шт/га при запасае 686 и 675 куб. м/га (табл. 1).

Для общей оценки возрастной динамики продуктивности экотипов пока-

зано ранжирование культур по максимальной величине запаса в соответствующем возрасте: ППП 34 (658 куб. м/га, $A = 60$ лет); ППП 10 (653, $A = 60$ лет); ППП 3 (642, $A = 55$ лет); ППП 8 (585, $A = 55$ лет); ППП 36 (574, $A = 50$ лет); ППП 20 (566, $A = 45$ лет); ППП 7 (514, $A = 50$ лет); ППП 33 (511, $A = 60$ лет); ППП 19 (508, $A = 55$ лет); ППП 27 (495, $A = 60$ лет); ППП 16 (392, $A = 45$ лет); ППП 2 (375, $A = 45$ лет); ППП 9 (226, $A = 60$ лет); ППП 30 (205, $A = 45$ лет), а также ранжирование экотипов к конечному возрасту древостоев в 60 лет (год перечёта – 2013), представленное рядом: ППП 34 (658 куб. м/га); ППП 10 (653 куб. м/га); ППП3 (630 куб. м/га); ППП 8 (582 куб. м/га); ППП 36 (549 куб. м/га); ППП33(511куб.м/га);ППП19(507куб.м/га);ППП7 (498куб.м/га);ППП27(495куб.м/га);ППП20 (488куб.м/га);ППП16(335куб.м/га);ППП 2 (320 куб. м/га); ППП 9 (226 куб. м/га); ППП 30 (170 куб. м/га).

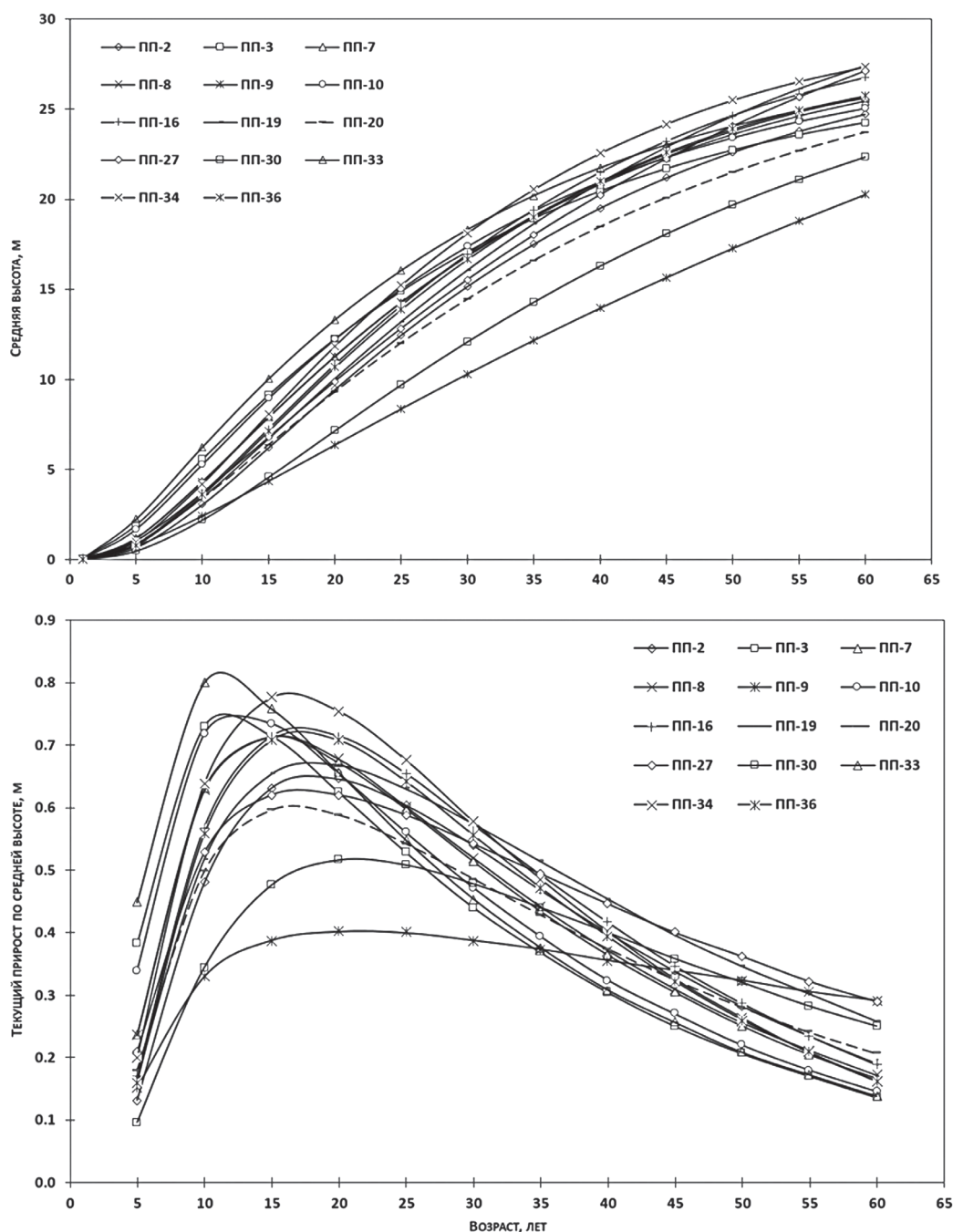


Рис. 2. Возрастная динамика роста и текущего прироста по средней высоте экотипов

По регрессиям возрастной динамики запаса были рассчитаны значения средне-периодического текущего изменения запаса по формуле:

$$Z_M = (M_A - M_{A-5})/5.$$

Динамика текущего изменения запаса – прироста растущей части древостоев – представлена кульминирующими кривыми в нижней части рисунка 3. Оценивая этот таксационный показатель как «урожайность» древесины в единицу времени, следует обратить внимание на её максималь-

ное значение в возрасте кульминации. Она варьируется от 8 до 26 куб. м/га в возрасте от 25 до 35 лет. Линии регрессии возрастной динамики среднего изменения запаса, рассчитанного по формуле $\Delta_M = M_A/A$, позволили определить максимальные значения и возраст достижения кульминации по каждому экотипу лиственницы сибирской.

Максимальные значения среднего изменения запаса были положены в основу ранжирования культур по продуктивности, характеризующихся рядом: Омская область, Тарский р-н (ППП 3); Хакасский АО, Сонский р-н (ППП 20); Московская обл., Крас-

нопахорский р-н (ППП 36); Московская обл., Бронницкий р-н (ППП 8); Московская обл., Бронницкий р-н (лучш.) (ППП 7); Иркутская обл., Братский р-н (ППП 10); Тюменская обл., Ханты-Мансийский р-н (ППП 9); Красноярская обл., Ермаковский р-н (ППП 4);

Красноярская обл., Ирбейский р-н (ППП 33); Новосибирская обл., Тогучинский р-н (ППП 7); Красноярская обл., Енисейский р-н (ППП 6); Бурятская АССР, Кяхтинский р-н (ППП 2); Тувинский АО, Кызыльский р-н (ППП 9); Красноярская обл., Туруханский р-н (ППП 30).

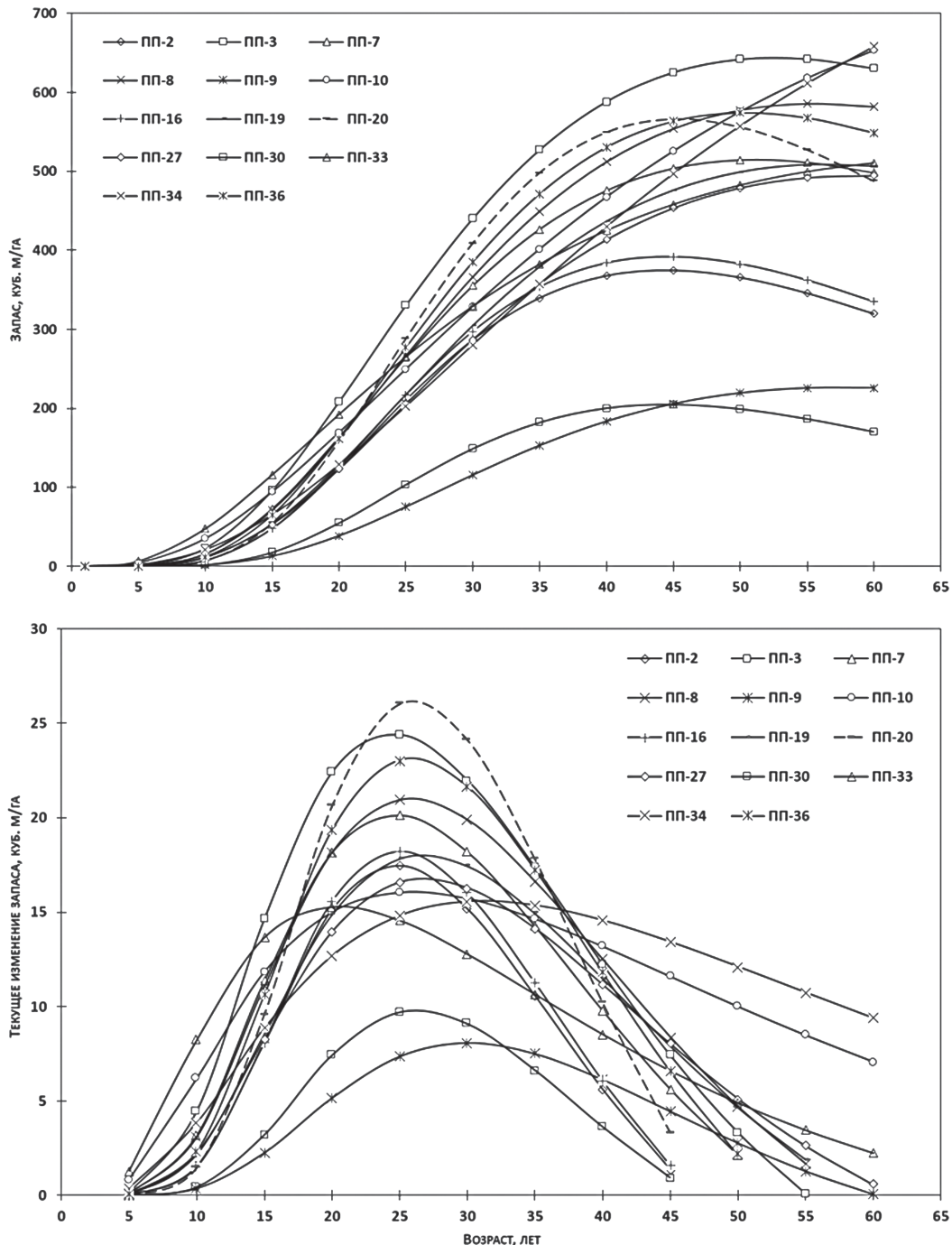


Рис. 3. Возрастная динамика наличного запаса (сверху) и текущего изменения запаса (снизу) экотипов

Размах варьирования среднегодовой продуктивности древостоев в кульминационном возрасте культур находится в диапазоне от 5 до 15 куб. м/га. При этом возраст кульминации среднегодовой продуктивности экотипов находится в диапазоне

от 30 лет до 55 лет, а возраст количественной спелости – от 35 до 55 лет.

Более ранний возраст кульминации текущего и среднего прироста экотипов культур (без учета отпада), выращенных в Бронницком лесничестве в почвенно-типологиче-

ских условиях мезофильных (свежих) сложных суборей (C_2), по сравнению с естественно формирующимися древостоями, по данным таблиц хода роста ($A = 80$ лет), объясняется,

прежде всего, завышенной густотой посадки культур ($8,0$ тыс. шт/га), которая в два раза превышает нормативные требования при создании культур хвойных пород.

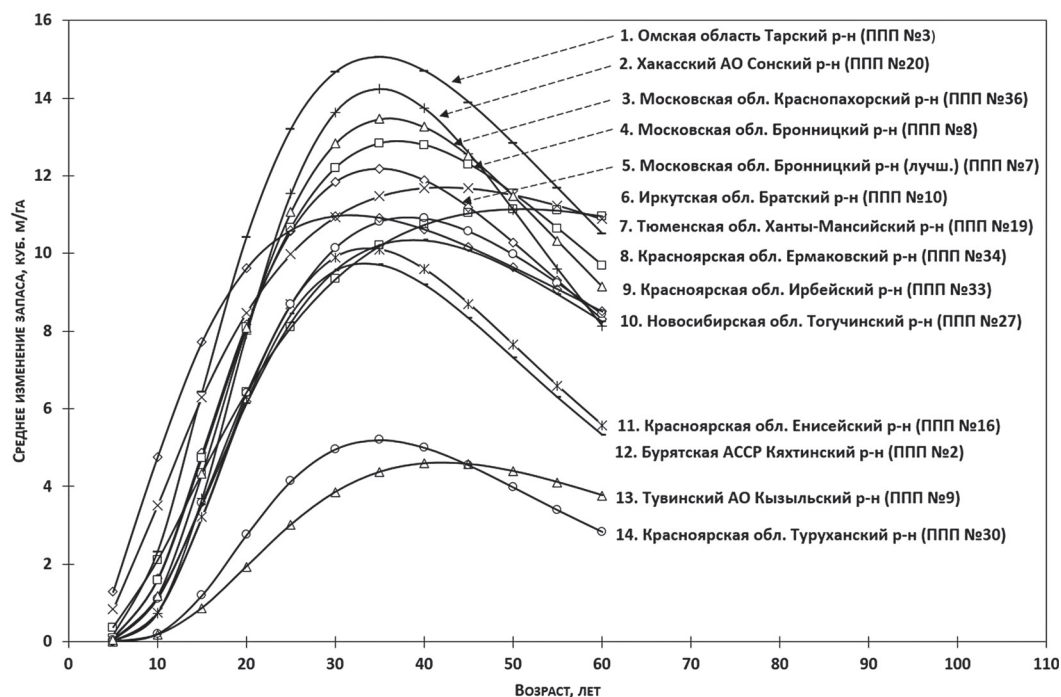


Рис. 4. Возрастная динамика среднего изменения запаса (среднего прироста) экотипов

Другим аргументом против выращивания лесных культур с завышенной, а не оптимальной густотой посадки является более ранний возраст количественной спелости — от 35 до 55 лет. В этом возрасте ещё не исчерпаны все потенциальные возможности лиственницы для использования в полной мере плодородия и увлажнения почв в условиях мезофильных сложных суборей (C_2).

Таким образом, выявленные закономерности возрастной динамики роста, продуктивности, текущего и среднего прироста географических культур лиственницы сибирской позволили продемонстрировать научно-методические решения по систематизации экотипов с позиций их продуктивности и экологической устойчивости для внедрения в лесокультурное производство.

Библиографический список

1. Тимофеев В.П. Лиственница в культуре. Л.: Гослестехиздат, 1947. 297 с.
2. Тимофеев В.П. Роль лиственницы в поднятии продуктивности лесов. М.: Лесная промышленность, 1961. 160 с.
3. Карасев Н.Н. Повышение продуктивности лесов Подмосковья путём интродук-

ции лиственницы: Дисс. на соискание учёной степени канд. с.-х. наук. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. 154 с.

4. Дементьев П.И. Записки лесничего. М.: Лесная промышленность, 1969. 102 с.
5. Загреев В.В., Баранов А.Ф. Сортиментные и товарные таблицы для лесов центральных и южных районов Европейской части РСФСР. М.: ВНИИЛМ, 1987. 128 с.
6. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.

Материал поступил в редакцию 08.03.2017 г.

Сведения об авторах

Хлюстов Виталий Константинович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и мелиорации ландшафтов, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49; тел.: +7 (903) 526-90-73; e-mail: vitakhlustov@mail.ru

Корешков Николай Владимирович, ассистент кафедры лесоводства и мелиорации ландшафтов, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49; тел.: +7 (977) 968-36-33. e-mail: koreshkov21@mail.ru

V.K. KHLIUSTOV, N.V. KORESHKOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Russia, Moscow

SYSTEMATIZATION OF GROWTH AND PRODUCTIVITY OF GEOGRAPHICAL CROPS OF SIBERIAN LARCH (*LARIX SIBIRICA*)

The purpose of the work is identification of regularities of the age dynamics of estimated indicators of growth and productivity of geographical crops of Siberian larch reaching 60-years under the conditions of mesophilic (fresh) complex subors (C₂) in the Moscow region. The objects make up 14 larch ecotypes with the initial planting rate of 2-year seedlings in the quantity of 8 thousand pieces per hectare. The age dynamics of growth and productivity of larch ecotypes is described by the multi-dimensional asynchronous dynamic model combining a growth function and origin of seeds coded by binary (block dummy) variables. At a higher planting rate of larch ecotypes (8 thousand pieces per hectare) the age of the quantitative ripeness of crops varies from 35 to 55 years which is much lower than in the naturally formed plantations of the Siberian larch aged 80 years. There are given recommendations on identification of the most productive and ecologically steady ecotypes. Ecotypes productivity ranging is characterized in the following order: Omsk region, Tarsky district; R. Hakassiya, Sonsky district; Moscow Region, Krasnopakhorsky district; Moscow Region, Bronnitsy district; Moscow Region, Bronnitsy district (best); Irkutsk Region, Brotherly district; Tyumen Region, Khanty-Mansi district; Krasnoyarsk Krai, Ermakovsky district; Krasnoyarsk Region, Irbeysky district; Novosibirsk Region, Toguchinsky district; Krasnoyarsk Krai, Yenisei district; R. Buryatiya, Kyakhta district; R. Tyva, Kyzyl district; Krasnoyarsk Krai, Turukhansky district. The height change from trees thickness (heights scheme) of larch depends on the value of average diameter and average height of forest stands and is displayed by a three-parametrical polynomologarithmic regression. The age dynamics of growth and productivity of larch geographical crops is displayed by the multi-dimensional asynchronous ecotype model combining a growth function and origin of seeds coded by binary (block fictitious) variables. The earlier there comes the age culmination increase of the average height and diameter of the ecotype, the quicker it decreases with the forest stand age.

Larch, geographical crops, ecotypes, age dynamics of growth, dendrometric indicators of growth, stem wood stand.

References

1. Timofeev V.P. Listvennitsa v culjture. L.: Goslestehizdat, 1947. 297 s.
2. Timofeev V.P. Rolj listvennitsy v podnyatii produktivnosti lesov. M.: Lesnaya promyshlennostj, 1961. 160 s.
3. Karasev N.N. Povyshenie produktivnosti lesov Podmoskovjya putem introducsii listvennitsy: Diss. Na soiskanie uchenoj stepeni cand s.-h. nauk. M.: GOU VPO MGUL, 2009. 154 s.
4. Dementjev P.I. Zapiski lesnichego. M.: Lesnaya promyshlennostj, 1969. 102 cs
5. Zagreev V.V., Baranov A.F. Sortimentnye i tovarnye tablitsy dlya lesov tsentraljnyh i yuzhnyh rajonov Evropejskoj chaste RSFSR. M.: VNIILM, 1987. 128 s.
6. Drejper N., Smit G. Prikladnoj regresionny analiz. M.: Statistika, 1973. 392 s.

The material was received at the editorial office
08.03.2017.

Information about the authors

Khlyustov Vitalij Konstantinovich, doctor of agricultural sciences, professor of the chair of forestry and reclamation of landscapes, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., d. 49; tel.: +7 (903) 526-90-73; e-mail: vitakhlustov@mail.ru

Koreshkov Nikolaj Vladimirovich, assistant of the chair of forestry and reclamation of landscapes, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., d. 49; tel.: +7 (903) 526-90-73; e-mail: +7 (977) 968-36-33. e-mail: koreshkov21@mail.ru