DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/8
УДК 630.232.43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГРЕССИОННЫХ УРАВНЕНИЙ

аспирант **Е.Е. Кулаков**
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

Изложены результаты анализа связи прироста лиственницы сибирской с почвенно-климатическими факторами. Вопросы установления характера и степени влияния на лес различных факторов успешно решаются с применением статистических методов. Расчет статистических показателей, которые позволяют оценить достоверность различия, корреляцию и взаимное влияние анализируемых факторов, происходит по определенной схеме с использованием математических функций и создания моделей. Проведена статистическая оценка анализа пробных площадей с помощью регрессионного анализа. Целью исследований послужило выявление особенностей использования результатов регрессионного анализа в эффективности реализации продуктивности древостоя на территории Воронежской области. В рамках проведенных исследований было получено уравнение, отражающее зависимость прироста от почвенно-климатических факторов лиственницы сибирской из Хакассии. Вычисленные коэффициенты парной корреляции говорят о тесной зависимости почвенно-климатичеких условий и диаметров. Связь между исследуемыми признаками тесная и статистически достоверная, что позволяет оценить данные показатели в качестве информационной оценки селекционного материала. Выполнена оценка продуктивности на пробных площадях Пригородного лесничества и УОЛ ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова. Дана сравнительная оценка роста, состояния культур лиственницы сибирской (Larix sibirica L.) из Хакасии, созданных в 1955 году Р.И. Дерюжкиным на территории Правобережного и Животиновского лесничеств. Индивидуальные и групповые статистические реакции прироста лиственницы сибирской позволяют проводить оценку величины влияния почвенно-климатических факторов на формирование, устойчивость и продуктивность на территории Воронежской области.

Ключевые слова: сохранность, интродуценты, прирост, регрессионный анализ

DETERMINATION OF SIBERIAN LARCH FERTILITY WITH THE USE OF REGRESSION EQUATIONS

Post-graduate student **E.E. Kulakov**
FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russian Federation

Abstract

The results of the relationship analysis of Siberian larch growth with soil and climatic factors are presented. The issues to determine the nature and extent of influence on the forest of various factors are successfully solved using statistical methods. Calculation of statistical indicators that enable to assess the reliability of differences, the correlation and mutual influence of the analyzed factors is made according to a certain scheme using mathematical functions and creating models. A statistical evaluation of the sample plots analysis has been performed using regression analysis. The purpose of the research was to identify the features of the use of regression analysis results in the effectiveness of the implementation of stand productivity on the territory of the Voronezh region. As a part of the research, an equation has been obtained reflecting the dependence of growth on soil and climatic factors of Siberian larch from Khakassia. The calculated pair correlation coefficients indicate a close dependence of the soil-climatic conditions and diameters. The relationship between the studied signs is close and statistically reliable, which allows evaluating these indicators as an informational evaluation of the breeding material. The estimation of productivity on the test plots of Prigorodny forestry and ETF of VSUFT named after G.F. Morozov has been made. A comparative assessment of growth and state of Siberian larch (Larix sibirica L.) from Khakassia, created in 1955 by R.I. Deryuzhkin in the territory of Pravoberezhnoe

and Zhivotinovskoe forest areas, has been made. Individual and group statistical reactions of Siberian larch growth enable to assess the magnitude of the influence of soil and climatic factors on the formation, stability and productivity in the Voronezh region.

Keywords: safety, introductions, growth, regression analysis

Введение

В настоящее время особую актуальность приобретает выращивание биологически устойчивых насаждений на территории Воронежской области, так как усыханию защитных лесных насаждений на значительных площадях способствуют климатическое, рекреационное и техногенное воздействие. Одним из путей решения вопросов по сохранению биоразнообразия и повышения устойчивости лесов как важных компонентов биосистемы является интродукция особо значимых в хозяйственном плане древесных растений [2-4, 8].

К числу ценных хвойных древесных растений в условиях средней лесостепи можно отнести лиственницу сибирскую. Благодаря быстрому росту, высоким качествам древесины, устойчивости против засухи, морозов, энтомовредителей, фитопатогенов и многим другим положительным качествам лиственница давно и успешно культивируется далеко за пределами своего естественного ареала. Более чем двухсотлетний опыт исследования лиственницы в России показал, что в лесостепной зоне лиственница является наиболее продуктивной лесообразующей породой.

Объекты и методика

В качестве объектов исследования были использованы географические культуры лиственницы сибирской в квартале 50 УОЛ ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова и культуры Животиновского лесничества.

Участок № 1. Культуры, расположенные в квартале 7 Животиновского лесничества. Рельеф ровный, с незначительным уклоном на восток-юго-восток. Площадь ранее находилась под дубравой III бонитета. Вырубка древостоя проведена в 1944 г. Раскорчевка на участке проведена в 1950-1952 гг. В течение 1953-1954 гг. почва содержалась под «паром». Осенью 1954 г. проведена зяблевая вспашка на глубину 25-27 см. Весной 1955 г. после боронования и маркировки весь участок был разделен на 144 секции размером 20 × 20 м. На каждой секции высаживались 2-летние сеянцы лиственницы одного происхождения с размещением 1 × 0,5 м.

Участок № 2 расположен в кв. 50 УОЛ ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова. Западная часть участка несколько возвышена. С восточной и южной стороны к культурам примыкают порослевые дубовые насаждения III-IV бонитета. Ранее площадь была использована под сельскохозяйственные культуры. Обработка почвы – сплошная зяблевая пахота на глубину 18 см. Весь участок разбит на секции. На каждой секции весной 1955 г. высажены сеянцы лиственницы Хакасской коллекции [5].

Обследование проводилось по общепринятым методикам. Сплошной перечет деревьев производился путем измерения их диаметров на высоте 1,3 метра от шейки корня с точностью до 0,5 см в двух взаимно перпендикулярных направлениях, с отнесением в 4 сантиметровые ступени толщины. Измерение высоты производилось высотомером Blume-Leise. Также в рамках исследования была проведена санитарная оценка насаждений, с указанием категории состояния, наличия стволовых вредителей и болезней [9, 10, 15]. В качестве независимых переменных уравнения множественной регрессии были включе-ны количество осадков, температура воздуха, типы почв на исследуемых участках и другие факторы. В качестве зависимой переменной был использован годичный прирост лиственницы по диаметру. Подобное комбинирование переменных позволяет получить достоверные данные с коэффициентом детерминации не ниже 0,95.

Обработка материалов осуществлялась с помощью статистических методов, которые отражают закономерности, влияние признаков на исследуемый фактор.

Результаты и обсуждение

Реакция древостоя на колебание климатических, почвенных и других факторов может проявиться в увеличении или уменьшении показателей прироста по диаметру или высоте. Уже на начальном этапе проведения опытов на территории Бронницкого лесничества П.И. Дементьевым, а вслед за ним и лесоустроителями, было отмечено, что не всякая лиственница пригодна для условий европейской части России. В частности, оказалась непригодной лиственница сибирская с Алтая, отпад которой составил 100 %. Считалось, что лучшие показатели по ходу роста имела лиственница сибирская из Ирбейского района Красноярского края, из семян, собранных в культурах Броницкого лесничества [2, 7, 10].

Особенности прироста на колебания климатических и почвенных факторов обусловлены возрастом древостоя, породным составом, продуктивностью, структурой, полнотой. В значительной мере на рост и устойчивость насаждения влияет находящийся в избытке какой-либо экологический фактор (недостаток, переизбыток влаги в почве, засухи и пр.)

По данным Р.И. Дерюжкина (1970), высокую приживаемость культур в год посадки (1955) показали образцы лиственницы на участке № 1, она составила 60,3 %. Культуры, расположенные на участке № 2 Правобережного лесничества, показали наиболее низкую приживаемость 49,9 % [5]. Сохранность и приживаемость культур зависит от качества обработки почвы, ее свойств и состава лесных культур, от микроусловий места посадки. Резкое снижение сохранности экотипов лиственницы отмечено к 5 годам, особенно это заметно на участке № 1 Животиновского лесничества, где количество сохранившихся образцов снизилось на 54 % и составило 32,5. На 51 % снизилось количество деревьев на участке № 2 и составило 26 %. К 15 годам среднее значение сохранности относительно стабилизируется. Наряду с исследуемыми, наиболее высокий показатель, который составляет 26,8 %, имеет лиственница на участке № 1. Немного ниже, 22,9 %, характеризует участок № 2.

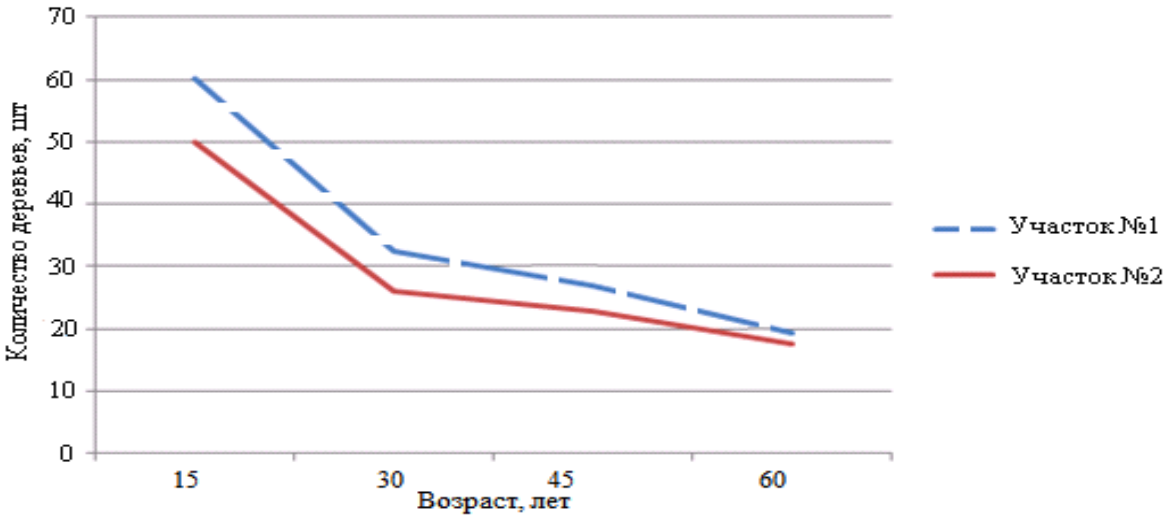

Рис. 1. Динамика сохранности лиственницы сибирской на участках № 1 и № 2

Учет прироста саженцев проводился в 1960, 1965, 1970 гг. Р.И. Дерюжкиным (1970) и нами в 2015 г. Оказалось, что прирост саженцев в пятилетнем возрасте различен по годам. Средняя высота саженцев на участке № 1 в 5 лет составила 0,95 м. Аналогичные экотипы на участке № 2 имеют высоту 0,40 м. При определении величины прироста в 15-летнем возрасте были выявлены годичные кольца на исследуемых пробных площадях, которые имеют одинаковую ширину в пределах выбранного интервала статистического ряда распределения. В 1965-1970 гг. прирост культур лиственницы в Животиновском лесничестве составил 1,09 м. Участок № 2 в возрасте 10 лет в Правобережном лесничестве имел прирост в высоту 1,59 м. В возрасте 15 лет прирост на участках № 1 и № 2 составил 1,83. Средняя высота географических культур в возрасте 62 года на участке № 1 составила 23 ± 0,32 м, участок № 2 характеризуется более низким показателем, который равен 21,6 ± 0,36 м. Диаметры культур соответствующего возраста на участках № 1 и № 2 составляют 23,9 ± 0,46 и 25,2 ± 0,41.

Полученные результаты указывают на то, что в качестве ценотического фактора, регулирующего радиальный прирост, выступает густота. В молодых разногустотных лиственничниках в фазе интенсивного роста происходит сильная дифференциация деревьев по величине прироста. В возрасте 5-7 лет влияние густоты на толщину годичного слоя практически не обнаруживается. Связь между густотой и радиальным приростом начинает проявляться по мере смыкания крон и вступления молодняков в фазу интенсивного роста, когда включаются все механизмы конкуренции за ресурсы среды и естественного изреживания ценозов [14].

Снижение влияния условий, вызывающих дифференциацию древостоя в лесных культурах, обусловливается одновозрастностью, одинаковыми почвенно-климатическими условиями, своевременными мероприятиями по защите культур (обработка почвы), которые повышают скорость и энергию роста. Вместо беспорядочного размещения – равномерное распределение деревьев по площади с одинаковым шагом посадки, благодаря чему условия роста более-менее выровнены, меньше выражена изменчивость высот, диаметров и других таксационных показателей. Казалось бы, идеально подобранные условия должны улучшить качество древостоя, но борьба за существование ведется между более быстрорастущими деревьями, что приводит к большему отпаду и неоправданности затрат на выращивание [12].

Лиственница сформировалась в условиях гор и континентального климата. В силу этого она требовательна к обмену воздуха, его сухости и большому количеству тепла в период вегетации, легко перенося и даже требуя низких температур в зимний период покоя. Наличие этих условий при достаточном количестве воды в почве определяет повышенную транспирацию и ассимиляцию лиственницы, быстрый рост, прямоствольность, устойчивость против заболеваний, в том числе раковых, большую выживаемость в борьбе с другими породами и вытеснение ею последних. При большой влажности воздуха, низких температурах летом, недостаточном количестве влаги в почве у лиственницы задерживается транспирация, она растет медленно, образуя искривленный ствол, и дает большой отпад. В конечном счете, биологическая продуктивность древесных пород зависит от продолжительности роста всех органов дерева. Динамика формирования органического вещества древостоем определяется различными факторами, среди которых можно выделить почвенно-климатические. Поэтому выявление особенностей прироста древостоя на различных типах почв в разных частях ареала вызывает большой интерес. Отсутствие возобновления лиственницы сибирской во многом объясняется преобладанием старых деревьев, отсутствием уходов, перегущенностью культур. Причиной низкой сохранности и возобновления является изменение уровня грунтовых вод. Лучшая приживаемость культур была отмечена на черноземах выщелочных на участке № 1 Животиновского лесничества. Мощность гумусового горизонта составляет обычно не более 60 см. Содержание гумуса колеблется от 5,2 до 6,0 %. Данный подтип черноземов встречается участками, не образуя сплошной полосы. Серые лесные почвы бедны

гумусом по сравнению с черноземами, что объясняется повышенным увлажнением леса, при котором происходит энергичное и глубокое промывание почвы. Это не способствует накоплению гумуса в верхних горизонтах почвы. Серые лесные почвы содержат 1-6 % гумуса.

В городе Воронеж, на территории правобережной части, распространены темно-серые лесные почвы (участок № 2, расположенный в кв. 50 УОЛ ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова). Почвы относительно богаты гумусом, подвижными формами фосфора, калия и поглощенными основаниями [16]. Почвы правобережной части характеризуются суглинистым гранулометрическим составом, богатым содержанием микроэлементов. Поэтому почвы правобережной части имеют более высокий задерживающий эффект, чем легкие песчаные почвы левого берега.

Вопросы установления характера и степени влияния на лес различных факторов решаются с применением статистических методов. Использование статистических данных позволяет добиваться оптимальных результатов, прогнозировать возможную величину результата при сложившихся значениях факторов. Использование представленных в табличной форме статистических данных для выработки определенных решений или прогнозов недостаточно удобно из-за большого объема данных, ненаглядности и дополнительной обработки. Поэтому данные стремятся представить в виде зависимостей результата от факторов.

Связь прироста по диаметру, высоте, продуктивности древостоя (бонитет и т.д.) с почвенно-климатическими факторами, их динамикой описывает регрессионный анализ. Методика его использования в научных исследованиях, результаты, полученные в различных лесорастительных условиях, описаны во многих научных источниках [1-6]. Колоссальный накопленный опыт использования регрессионного моделирования применительно к лесным биоценозам свидетельствует о том, что построенные модели являются не только вспомогательным инструментом, но и единственным методом исследования сложных, с большим количеством параметров систем. Вычленяя из действующих и взаимодействующих факторов, регрессионная модель на различных уровнях значимости объясняет изменчивость, давая возможность интерпретировать результаты.

Сильная сторона метода состоит в том, что он направлен не просто на изучение изменений, но и на причины и следствия [13-15].

В качестве зависимой переменной в наших исследованиях использовали прирост лиственницы сибирской в различные годы на участке № 2.

Особенности реакции прироста на колебания климатических факторов обусловлены возрастом древостоя, его породным составом, структурой, продуктивностью, полнотой. Имеющиеся данные позволяют определить зависимости между таксационными показателями и количеством осадков, температурой воздуха, типами почв, в которых произрастают культуры лиственницы сибирской. Одной из величин статистик рядов распределения, для которой было найдено уравнение связи прироста с почвенно-климатическими условиями, является среднеквадратическое отклонение значений диаметра (σ).

Относительная величина разности между менее и более точным уравнением регрессии определяется коэффициентом детерминации. Близость к нулю коэффициента корреляции означает, что ошибка показателя с помощью среднего значения и уравнения регрессии почти не отличается. Точность уравнения в результате подбора независимых переменных (количество осадков, температура воздуха, содержание гумуса) 0,96. Полученные коэффициенты корреляции указывают на высокую достоверность полученных коэффициентов уравнения.

В рамках проведенных исследований было получено уравнение, отражающее зависимость диаметра от типа почвы и среднеквадратического отклонения:

$$Yx = 3,992 + 0,790x.$$

Таблица 1

Сохранность лиственницы сибирской в исследуемых участках

	Сохранность,%				Диаметр, см	Средняя высота, м			
	1 год*	5 год*	10 год*	62 год	62 год	5 лет*	10 лет*	15 лет*	62 года
Участок № 1	60,3	32,5	26,8	19,3±0,32	23,9±0,46	0,95	2,04	3,75	23,0±0,32
Участок № 2	49,9	26	22,9	17,5±0,40	25,2±0,41	0,40	1,99	3,82	21,6±0,36

* Данные из архива Р.И. Дерюжкина [5]

Таблица 2

Взаимосвязь прироста с почвенно-климатическими факторами

Знач. коэф. b	Знач. коэф. a	Ср. кв. X	Ср. кв. Y	R^2	Ср. ошиб. аппроксимации,%	$F_{факт}$	$F_{табл}$		
-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,05	0,1
0,790	3,992	5,16	4,90	0,96	9,5	148,35	5,34	3,29	2,48

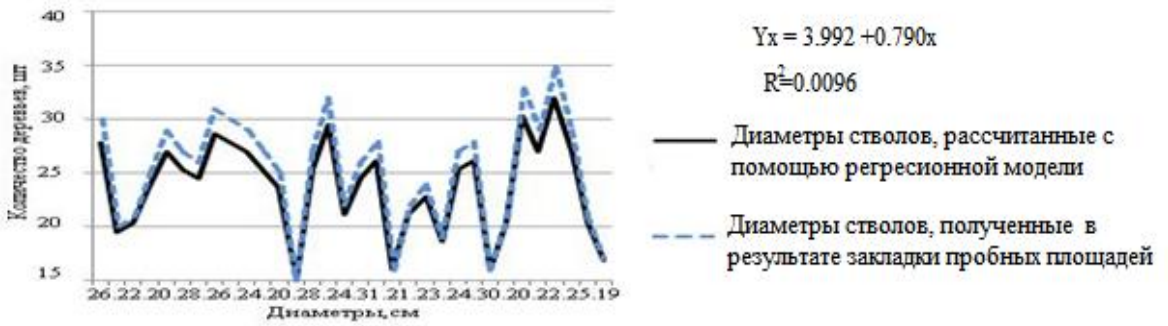

Рис. 2. Зависимость диаметра стволов от почвенно-климатических факторов

Оценку качества уравнения регрессии проведём с помощью критерия Фишера. F-тест состоит в проверке нулевой гипотезы о статистической незначимости уравнения регрессии и показателя тесноты связи. По всем признакам полученное значения критерия Фишера превышает табличное. Поэтому в конкретном примере полученные значения уравнения статистически значимы. Табличные значения при уровне значимости 0,01 и 0,05 также меньше фактических. Таким образом, гипотеза о случайной природе оцениваемых значений отклоняется и признаётся их статистическая значимость и надёжность. Полученное значение столь высоко, что мы отклоняем предположение о том, что оно могло появиться случайно. Значения уравнения регрессии позволяют использовать данные для прогноза прироста древостоя на исследуемых участках. Поэтому прирост по диаметру на 1 см в кв. 7 Животиновского лесничества будет соответствовать приросту 0,79 см в кв. 50 УОЛ ВГЛТУ.

Выводы

1. В ходе проведенных исследований была выявлена прямая зависимость между условиями произрастания и приростом древостоя. Наиболее продуктивными, показавшими более высокие показатели прироста, были выявлены культуры лиственницы сибирской на территории Животиновского лесничества.

2. Полученный линейный коэффициент парной корреляции (r_{xy}) указывает на прямую и достаточно тесную связь исследуемых признаков. Вариация результата 69,18 % объясняется вариацией почвенно-климатических факторов. Расчётные значения отклоняются от фактических на 9,5 %. Поэтому прирост по диаметру на 1 см в кв. 7 Животиновского лесничества будет соответствовать приросту 0,79 см в УОЛ ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова.

3. Выявленные взаимосвязи между почвенно-климатическими факторами, составом и продуктивностью фитоценозов позволят рационально использовать потенциальное плодородие почв.

4. Участок географических культур в Животиновском лесничестве в возрасте 63 лет показал высокую устойчивость и продуктивность.

5. Комплексно оценивая шестидесятитрехлетние культуры лиственницы сибирской из Хакасии 1955 года посадки, можно судить о том, что климатипы, устойчивые к экстремальным факторам, имеют высокие показатели прироста. Снижением сезонного прироста интродуценты Хакасской коллекции демонстрируют свое противостояние влиянию неблагоприятных природно-климатических факторов. Выделение лучших по устойчивости и продуктивности климатипов возможно лишь в пятнадцатилетнем возрасте. В первое десятилетие после посадки лиственницы показатели показатели остаются нестабильными из-за конкуренции за ресурсы.

Библиографический список

1. Володькина, О. А. Опыт интродукции лиственницы в Пензенской области / О. А. Володькина, А. А. Володькина // Нива Поволжья. – 2010. – № 4. – С. 77-81.

2. Дементьев, П. И. О сроках посадки сибирской лиственницы / П. И. Дементьев // Лесное хозяйство. – 1950. – № 2. – С. 87-88.

3. Синельникова, Н. В. Морфологическая изменчивость лиственницы Каяндера (*Larix Cajanderi*) в Оротукской котловине (долина р. Колыма) / Н. В. Синельникова, М. Н. Пахомов // Turczaninawia. – 2011. – № 14(3). – С. 62-68.

4. Ивлев, В. А. Проблемы регулирования лесных отношений / В. А. Ивлев // Экономика региона. – 2005. – № 4. – С. 84-97.

5. Дерюжкин, Р. И. Селекция культур лиственницы в Центральной лесостепи / Р. И. Дерюжкин // Лесная генетика селекция и семеноводство. – Петрозаводск : Карелия, 1970. – С. 4-21.

6. Ирошников, А. И. Лиственницы России. Биоразнообразие и селекция / А. И. Ирошников. – М. : ВНИИЛМ, 2004. – 182 с.

7. Ключников, М. В. Оценка жизнеспособности культур лиственницы сибирской в лесостепи / М. В. Ключников // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – № 3. – С. 15-18.

8. Лесоустроительная инструкция: утверждена приказом Рослесхоза от 12 декабря 2011 г. № 516 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://legalacts.ru/doc/prikaz-rosleskhoza-ot-12122011-n-516-ob/.

9. Мельник, П. Г. Естественное возобновление лиственницы в центральной России [Текст] / П. Г. Мельник, Н. Ю. Насыпайко // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной Вестник. – 2012. – № 1(84). – С. 74-78.

10. Русаленко, А. И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность / А. И. Русаленко. – Минск : Наука и техника, 1986. – 238 с.

11. Пшеничкова, Л. С. Влияние густоты экспериментальных посадок на радиальный прирост лиственницы сибирской / Л. С. Пшеничкова // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2011. – № 28. – С. 61-65.

12. Chiang, C. L. Statistical methods of analysis // World Scientific. – 2003. – Section 9.7.4 "interpolation vs extrapolation". – P. 274.

13. Draper, N. R. Applied Regression Analysis / N. R. Draper, H. Smith. – 1973. – P. 392, 396.

14. Good, P. I. Common Errors in Statistics (And How to Avoid Them) / P. I. Good, J. W. Hardin. – 3rd ed. – Hoboken, New Jersey: Wiley, 2009. – 211 p.

15. Oleksyn, J. Oak decline in the Soviet Union – Scale and hypothesis / J. Oleksyn, K. Prsybyl // Europ. J. Forest Pathol. – 1978. – No. 6. – P. 321-336.

16. Steel, R. G. D. Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Sciences / R. G. D. Steel, J. H. Torrie. – McGraw Hill, 1960. – 288 p.

References

1. Volodkina O. A., Volodkina A. A. *Opyt introdukcii listvennicy v Penzenskoj oblas-ti* [Experience of larch introduction in Penza region]. *Niva Povolzh'ya* [Volga Niva], 2010, vol. 4, pp. 77-81 (in Russian).
2. Dementiev P. I. *O srokah posadki sibirskoj listvennicy* [The timing of planting of Siberian larch]. *Lesn. hoz-vo* [Forestry]. 1950, vol. 2, pp. 87-88 (in Russian).
3. Sinel'nikova N. V., Pahomov M. N. *Morfologicheskaya izmenchivost' listvennicy Kayandera (Larix Cajanderi) v Orotukskoj kotlovine (Dolina r. Kolyma)* [Morphological variability of the Cajanderi larch (Larix Cajanderi) in Oratorskoe valley (Valley of the Kolyma river)]. Turczaninawia, 2011, vol. 14(3), pp. 62-68 (in Russian).
4. Ivlev V. A. *Problemy regulirovaniya lesnyh otnoshenij* [Problems of forest relations regulation]. *EHkonomika regiona* [Regional economy]. 2005, vol. 4, pp. 84-97 (in Russian).
5. Deryuzhkin R. I. *Selekcija kul'tur listvennicy v Central'noj lesostepi* [Forest genetics breeding and seed production]. Petrozavodsk, 1970, pp. 4-21 (in Russian).
6. Iroshnikov A. I. *Listvennicy Rossii. Bioraznoobrazija i selekcija* [Larch Of Russia. Biodiversity and selection]. VNIILM, 2004, p. 182 (in Russian).
7. Klyuchnikov M. V. *Ocenka zhiznesposobnosti kul'tur listvennicy sibirskoj v lesostepi* [Assessment of viability of Siberian larch cultures in forest-steppe]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [The world of science, culture, education], 2009, vol. 3, pp. 15-18 (in Russian).
8. *Lesoustroitel'naja instrukcija: utverzhdena prikazom Rosleshoza ot 12 dekabrja 2011 g. № 516* [Forest inventory manual: approved by the order of the Federal forestry Agency of December 12, 2011 No. 516]. 2015 (in Russian).
9. Melnik P. G., Nasypayko N. U. *Estestvennoe vozobnovlenie listvennicy v central'noj Rossii*. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa* [Bulletin of Moscow state forest University], 2012, vol. 1(84), pp. 74-78 (in Russian).
10. Rusalenko A. I. *Godichnyy prirost derev'ev I vlagoobespechnnist'* [Annual growth of trees and moisture]. Minsk, Nauka i tekhnika, 1986. 238 p. (in Russian).
11. Pshenichkova L. S. *Vliyanie gustoty eksperimental'nyh posadok na radial'ny prirost listvennicy sibirskoy*. *Aktual'nie problem lesnogo kompleksa*. 2011. № 28. P. 61-65 (in Russian).
12. Chiang C. L (2003) *Statistical methods of analysis*. World Scientific, 2003, section 9.7.4 "interpolation vs extrapolation", p. 274.
13. Draper N. R., Smith H. *Applied Regression Analysis.* 1973, p. 392, 396.
14. Good P. I., Hardin J. W. Common Errors in Statistics (And How to Avoid Them). 3rd ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2009. 211 p.
15. Oleksyn J., Prsybyl K. Oak decline in the Soviet Union – Scale and hypothesis. *Europ.J. Forest Pathol.* 1978. No. 6. P. 321-336.
16. Steel R. G. D, Torrie J. H. Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Sciences. McGraw Hill, 1960. 288 p.

Сведения об авторе

Кулаков Евгений Евгеньевич – аспирант кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: evgenyykulakov@yandex.ru.

Information about the author

Kulakov Evgeny Evgenievich – post-graduate student of Forest Plantations, Selection and Afforestation department of FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation; e-mail: evgenyykulakov@yandex.ru.