

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА АДАПТАЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **Т.Е. Галдина**

кандидат биологических наук, доцент **Е.П. Хазова**

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

Сосна обыкновенная – широко распространенный вид, способный приспосабливаться к различным условиям произрастания. Важно проследить закономерности приспособляемости вида к ксероморфным условиям, что позволит обоснованно расширять границы выращивания этого растения и создавать условия для получения высококачественной древесины сосны. Проведены сравнительно-анатомические исследования листа *Pinus sylvestris* L. в естественных борах сосны обыкновенной: зона широколиственных лесов (Брянская область), южная лесостепь (Воронежская область), сухая степь (Волгоградская область) и в географических культурах брянского, воронежского, волгоградского происхождения, произрастающих в одинаковых условиях центральной лесостепи. В результате наших исследований выявлена анатомическая изменчивость органов листа при перемещении в аридные условия, что свидетельствует о приспособительной реакции вида. Исследования географических культур экотипов сосны обыкновенной из зоны широколиственных лесов, южной лесостепи и сухой степи позволили отметить, что морфолого-анатомическая структура хвои изменяется до местных экотипов. Однако отмечено, что закономерность различия морфолого-анатомической структуры хвои, наблюдаемая в различных лесорастительных условиях, прослеживается и в географических культурах разного происхождения (Брянского, Воронежского и Волгоградского). Таким образом, происходит структурная адаптация вида к новым условиям произрастания, но сохраняется генетическая закономерность подвидов, которая отражает продолжительность и интенсивность роста всех органов растения. Генетические показатели в целом определяют продуктивность и устойчивость насаждений.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, морфолого-анатомические исследования хвои, структурная адаптация, географические культуры, естественные боры сосны обыкновенной, зона широколиственных лесов, южная лесостепь, сухая степь

INFLUENCE OF CLIMATIC AND GEOGRAPHIC FACTORS ON THE SCOTS PINE ADAPTABILITY

PhD (Agriculture), Associate Professor **T.E. Galdina**

PhD (Biology), Associate Professor **E.P. Khazova**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov"
Voronezh, Russian Federation

Abstract

Scotch pine is a widespread species that can adapt to various growing conditions. It is important to trace the patterns of adaptability of the species to xeromorphic conditions, which makes it possible to reasonably expand the boundaries of this plant growing and create conditions for obtaining high-quality pine wood. Comparative anatomical studies of *Pinus sylvestris* L. needle in natural pine forests have been carried out: zone of broad-leaved forests (Bryansk region), southern forest steppe (Voronezh region), dry steppe (Volgograd region) and in provenances of Bryansk, Voronezh, Volgograd origin, growing in the same conditions of the central forest-steppe. As a result of our studies, anatomical variability of needle organs was revealed when moving to arid conditions, which indicates the adaptive response of

the species. Studies of the provenances of Scots pine ecotypes from the zone of deciduous forests, southern forest-steppe and dry steppe, have made it possible to note that morphological and anatomical structure of needles changes to local ecotypes. However, it was noted that regularity of differences in morphological and anatomical structure of needles, observed in different forest conditions, is also traced in geographical cultures of different origins (Bryansk, Voronezh and Volgograd). Thus, structural adaptation of the species to the new growing conditions occurs, but genetic regularity of the subspecies remains, which reflects the duration and intensity of growth of all the plant organs. Genetic indicators (in general) determine the productivity and resilience of plantings.

Keywords: Scots pine, morphological and anatomical studies of needles, structural adaptation, provenances, natural pine forests, broad-leaved forest zone, southern forest-steppe, dry steppe

Введение

Pinus sylvestris L. является очень пластичным видом, поскольку произрастает в различных почвенно-климатических условиях и имеет широкую экологическую амплитуду [8].

Сосна обыкновенная имеет широкое распространение в Евразии. Особенно активное её продвижение наблюдается в Сибири и европейских странах. Северная граница сосновых лесов отмечена у Лапландии, а южная проходит в Монголии и Китае. На востоке сосна доходит до сибирских рек Алдан и Амур. Ареал распространения вида отмечен в Испании и Великобритании. Популяции сосны обыкновенной образуются на песчаных, супесчаных и торфяных почвах, реже – на глинистых.

Высокая степень приспособляемости сосны обыкновенной подтверждается шириной ареала распространения [12, 13]. При детальном изучении анатомо-морфологической структуры листа можно проследить изменения на уровне клеточного строения. Структура клеток каждого уровня легко перестраивается в зависимости от смены условий произрастания и физиологических особенностей вида, о чём свидетельствуют изменения показателей и внешних признаков хвои по данным многолетних исследований разных авторов [1, 3, 4, 6].

Известно, что вегетативные органы первыми реагируют на изменение внешних условий [11]. Также отмечена изменчивость анатомо-морфологического строения листа в зависимости от степени загрязнённости территории [7, 14].

Установлено, что анатомо-морфологическая характеристика структуры листа является отражением интенсивности роста органов растения и, соответственно, определяет его продолжительность, что оказывает влияние на продуктивность и устойчивость на-

саждений в целом. В географических культурах сосны обыкновенной изменения структурных признаков проявляются более тонко, нежели в естественных борах. Опираясь на результаты исследований авторов, изучающих географические культуры [2, 5], можно сказать, что длина и ширина хвои являются устойчивыми, т. е. постоянными признаками. Также экотипы при перенесении из естественных боров в новые условия сохраняют устойчивость, что указывает на приспособляемость вида.

Объекты и методы

Объектами научного исследования являются насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Произрастают в естественных борах Карачевского лесничества (Брянская область), Хреновского лесничества (Воронежская область), Арчединского лесничества (Волгоградская область) и в географических культурах Воронежского лесничества «Ступинское поле» (брянское, воронежское, волгоградское происхождение). На каждом объекте исследования природно-климатические показатели имеют различные значения (табл. 1). Изучены анатомо-морфологические особенности структуры листа *Pinus sylvestris* L. из естественных боров в различных лесорастительных условиях, а также в географических культурах Воронежской области, экотипы которых собраны из различных по широте мест. На каждом объекте научного исследования заложили пробные площади по 0,25 га, на которых отбирали модели по 10 экземпляров. Образцы двулетней хвои взяты с каждого выбранного модельного дерева.

Характеристика природно-климатических условий произрастания объектов исследования

№ п/п	Наименование показателя	Брянская область (Карачевское лесничество)	Воронежская область (Хреновское лесничество)	Волгоградская область (Арчединское лесничество)
1	Природно-климатическая зона	Зона широколиственных лесов	Зона южной лесостепи	Зона сухой степи
2	Среднегодовая температура, С ⁰	+ 4,5	+ 6,9	+ 6,9
3	Количество осадков в год, мм	750	486	200
4	ГТК	1,6 (избыточное увлажнение)	0,9	0,6
5	Вегетационный период, дней	185	200	206

(данные справочной литературы [9])

Хвоинки разрезали поперёк и среднюю часть поперечного разреза помещали в 90 % раствор этилового спирта (20 мл), окрашенного суданом III (0,1 г) с добавлением глицерина (10 мл) [10].

При изучении влияния климатогеографических факторов на анатомо-морфологическую структуру хвои измеряли следующие показатели: параметры хвои – длину, ширину и толщину; размеры эпидермы, гиподермы, складчатого мезофилла, количество смоляных ходов, диаметры клеток. Для исследования микроструктуры хвои использовали микроскоп «Биолам», настроенный на увеличение 20 × 8. Обработку полученных измерений производили при помощи статистической программы «Stadia».

Результаты и обсуждение

Важными признаками адаптивной способности, которые характеризуют степень приспособляемости, устойчивости и роста в новых условиях местопроизрастания, являются показатели структуры листа, а именно особенности его строения: толщина тканей, параметры клеток и др.

Результаты исследований свидетельствуют, что анатомо-морфологическая структура хвои сосны обыкновенной, взятой из Брянской области, в зоне широколиственных лесов, имеет более высокие показатели, нежели образцы из Воронежской и Волгоградской областей. Значения толщины хвои в Брянской области составляют 647,8 мкм в среднем,

а средние значения ширины хвои – 1380,0 мкм. Формированию крупных размеров хвои способствует более высокая степень влажности, которая наблюдается в Брянской области. Кроме того, климат области является относительно тёплым [9].

Покровные ткани листа в Брянской области характеризуются следующими показателями: толщина эпидермы в среднем – 18,6 мкм, а толщина гиподермы составляет 7,7 мкм. Мезофильная часть листа имеет толщину 169,4 мкм.

Смоляные каналы листа в зоне широколиственных лесов имеют округлую форму, размещены равномерно по всей границе мезофилла, прилегая к гиподерме одной стороной. Наибольшее число смоляных каналов наблюдается в хвое, взятой из Брянской области, – около 12 шт. (варьируется от 7 до 16 шт.), а средний диаметр каналов составляет 108,1 мкм.

С северо-запада на юго-восток происходит изменение природно-климатических условий, соответственно, меняются показатели климатогеографических факторов, влияющих на структуру растений. Показатели хвои, взятой из Воронежской области, имеют более низкие значения, а хвоя, собранная в Волгоградской области, отличается минимальными параметрами по сравнению с другими объектами.

Сравнительная характеристика анатомо-морфологических показателей хвои сосны обыкновенной

венной: толщина хвои, взятой из Хреновского бора Воронежской области, составила в среднем 537,7 мкм, а ширина – 1173 мкм. В сухой степи Волгоградской области эти показатели составили 520 мкм и 1112,0 мкм соответственно.

Толщина складчатого мезофилла в условиях южной лесостепи составила 152,2 мкм, а в сухой степи – 144,7 мкм.

Функцию защиты берут на себя покровные ткани, которые подвергаются изменениям вследствие смены природно-климатических условий. В аридной зоне покровные ткани утолщаются, о чём свидетельствует увеличение их параметров. Средние показатели толщины эпидермы (19,1 мкм) и толщины гиподермы (7,8 мкм) получены в условиях Воронежской области (южная лесостепь), а по направлению к сухой степи покровные ткани увеличиваются в размерах. Так, в условиях Волгоградской области эпидерма и гиподерма становятся толще (21,6 мкм и 8,6 мкм соответственно).

В Хреновском бору Воронежской области средний диаметр смоляных каналов листа составил 105,6 мкм, а в Волгоградской области – 90,8 мкм. Число смоляных каналов в условиях южной лесостепи составило 9,6 шт. (показатели колеблются от 6 до 12 шт. в среднем). В сухой степи этот показатель равен в среднем – 8,6 шт.

Подобные анатомо-морфологические исследования проведены и в географических культурах сосны обыкновенной, размещенных на территории Воронежского лесничества (центральная лесостепь). Эти географические культуры представляют собой семенное потомство представителей естественных боров из зоны широколиственных лесов, южной лесостепи и сухой степи. Показатели хвои географических культур не имеют таких резких различий, как показатели хвои естественных боров. Более того, их значения приближены к показателям местных экотипов, произрастающих в центральной лесостепи, однако незначительная разница есть, и она показывает ту же направленность изменений, что и в естественных борах.

Хвоя брянского происхождения имеет наибольшие параметры: толщина хвои – 526,54 мкм; ширина хвои – 1285,0 мкм; толщина эпидермы – 16,3 мкм; диаметр проводящих пучков – 102,5 мкм;

количество смоляных ходов в среднем – 10,2; диаметр смоляных ходов – 98,1 мкм. Показатели хвои волгоградского происхождения имеют наименьшие размеры по сравнению с размерами хвои на других объектах: толщина хвои – 432,5 мкм; ширина хвои – 1175,0 мкм; толщина эпидермы – 18,1 мкм; диаметр проводящих пучков – 116,8 мкм; количество смоляных ходов в среднем – 8,8; диаметр смоляных ходов – 85,1 мкм.

Хвоя воронежского происхождения характеризуется средними размерами: толщина хвои – 421,5 мкм; ширина хвои – 1210,0 мкм; толщина эпидермы – 17,6 мкм; диаметр проводящих пучков – 118,8 мкм; количество смоляных ходов в среднем – 7,2; диаметр смоляных ходов – 96,5 мкм.

На рис. 1-3 представлены микрофотографии поперечного среза листа сосны обыкновенной, произрастающей в различных лесорастительных условиях.

Влияние климатогеографических факторов на изменение структуры растений просматривается и на клеточном уровне. Это подтверждают полученные результаты диаметров клеток тканей листа. Происходит уменьшение размеров клеток эндодермы, трансфузионной ткани листа, складчатого мезофилла, трахеид проводящих пучков, волокон, окружающих смоляной ход в направлении с северо-запада на юго-восток.

Клетки складчатого мезофилла имеют наиболее крупные размеры (218, 3 мкм) в благоприятных условиях, т. е. в Брянской области, а в Волгоградской области, где влажности недостаточно, диаметр клеток мезофилла 139,1 мкм. Промежуточные значения имеют клетки мезофилла в Воронежской области – 212 мкм.

Структура ткани складчатого мезофилла подвергается изменениям в аридных условиях. Так, в сухой степи ткань мезофилла расположена с обеих сторон листа и имеет мелкоклеточное строение.

Размеры клеток эндодермы уменьшаются со среднего значения 33,1 мкм в зоне широколиственных лесов до 28,9 мкм в сухой степи. Также живые и мёртвые клетки трансфузионной ткани имеют тенденцию к уменьшению размеров при переносе в неблагоприятные условия. Волокна, окружающие

смоляной ход, в зоне широколиственных лесов имеют показатель 27,7 мкм в среднем, в южной лесостепи – 25,8 мкм, а в сухой степи – 24,3 мкм. В засушливых условиях клетки, составляющие волокна, окружающие смоляные ходы, плотно прижаты друг к другу и имеют округлую форму.

В географических культурах клеточное строение листа сосны обыкновенной брянского, волгоградского и воронежского происхождения интерполируется до параметров местных экотипов. Такое проявление структурного перестроения клеток листа свидетельствует об адаптационной способности вида, а именно о пластичности при изменении климата. Однако в параметрах анатомической структуры клеток листа сосны обыкновенной различного происхождения прослеживаются некоторые отличия, которые отражают ту же закономерность, что и в естественных борах.

Выводы

1. Хвоя сосны обыкновенной, произрастающей в различных климатогеографических условиях, обладает разными внешними признаками и анатомо-морфологическими показателями, что свидетельствует о приспособительной реакции вида к изменению условий произрастания.

2. В естественных борах зоны широколиственных лесов размеры листа более крупные: хвоя длиннее и шире, она плотная на ощупь, более жесткая и упругая, а в зоне сухой степи параметры листа заметно уменьшаются и хвоя более тонкая, короткая, узкая.

3. Значения анатомических показателей листа сосны обыкновенной отличаются количественно большими значениями в условиях достаточного увлажнения по сравнению с показателями засушливых местообитаний. В зоне широколиственных лесов толщина складчатого мезофилла и диаметр смоляных ходов имеют самые крупные параметры, в то время как при переходе в сухую

степь значения этих показателей уменьшаются. Также в засушливых условиях наблюдается уменьшение числа смоляных ходов. Однако диаметр проводящих пучков в сухой степи несколько увеличивается.

4. Уменьшение размеров ассимиляционных тканей в сухой степи играет существенную роль при адаптации вида к суровым условиям произрастания. Структурные изменения касаются и других органов листа. Например, в засушливых условиях происходит незначительное увеличение диаметра проводящих пучков. Это также имеет большое значение для хорошего роста сосны обыкновенной и обеспечения устойчивости насаждений.

5. Самый важный аспект, указывающий на приспособляемость растения к аридным условиям, – увеличение толщины покровных тканей листа. Толщина эпидермы и гиподермы имеет более высокие показатели в сухих экстремальных для растений условиях среды, что способствует их адаптации.

6. Отмечено уменьшение параметров клеточной структуры листа сосны обыкновенной: в неблагоприятных условиях среды ткани имеют более мелкоклеточное строение.

7. Изучены образцы хвои брянского, воронежского, волгоградского экотипов сосны обыкновенной, взятые в географических культурах центральной лесостепи. Представители вида имеют параметры, близкие по своим показателям к местным, т.е. структура листа перестраивается. Однако отмечены некоторые различия, которые имеют ту же закономерность, что показатели хвои сосны, взятой из естественных боров. Этот факт свидетельствует о закреплении признаков и параметров в генотипе, что играет важную роль в адаптации растений.

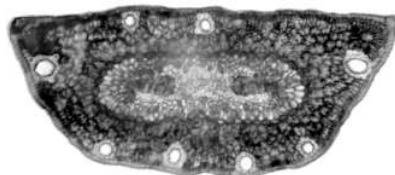
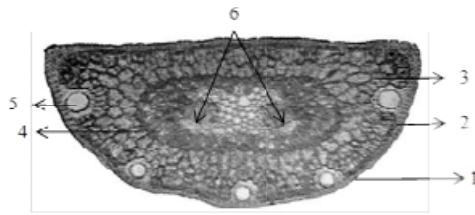


Рис. 1. Поперечный срез хвои *Pinus sylvestris* L. в условиях зоны широколиственных лесов (микрофотография автора)



- 1 – эпидерма,
- 2 – гиподерма,
- 3 – складчатый мезофилл,
- 4 – эндодерма,
- 5 – смоляной канал,
- 6 – проводящие пучки.

Рис. 2. Поперечный срез хвои *Pinus sylvestris* L. в условиях южной лесостепи
(микрофотография автора)

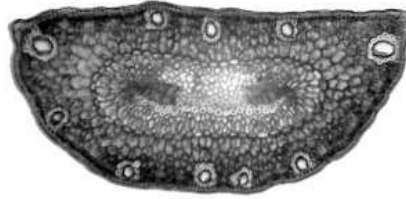


Рис. 3. Поперечный срез хвои *Pinus sylvestris* L. в условиях сухой степи
(микрофотография автора)

Библиографический список

1. Исследование физиолого-биохимических показателей хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) болотных и лесных популяций / С. А. Войцекская, Э. Р. Юмагулова, Е. Н. Сурнина, Т. П. Астафурова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2013. – № 3 (23). – С. 111–119. – Библиогр.: с. 117–118 (16 назв.).
2. Галдина, Т. Е. Исследование особенности роста географических культур сосны обыкновенной в условиях Центральной лесостепи / Т. Е. Галдина, М. М. Романова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 127 (03). – URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/> (дата обращения: 22.05.2020).
3. Егорова, Н. Н. Изменчивость признаков анатомического строения ассимиляционного аппарата и проводящих корней сосны обыкновенной в экстремальных лесорастительных условиях / Н. Н. Егорова, А. А. Кулагин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6 (50). – С. 52–54. – Библиогр.: с. 54 (8 назв.).
4. Зверева, Г. К. Структурная организация мезофилла хвои у видов рода *Pinus* (Pinaceae) / Г. К. Зверева // Ботанический журнал. – 2014. – Т. 99, № 10. – С. 1101–1109. – Библиогр.: с. 1109 (13 назв.).
5. Июзус, А. П. Морфологические и анатомические особенности хвои сосны обыкновенной разного географического происхождения в географических культурах Волгоградской области / А. П. Июзус, Е. В. Морозова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20526> (дата обращения: 22.05.2020).
6. Кулагин, А. А. Анатомические особенности листового аппарата древесных лесообразующих видов в экстремальных лесорастительных условиях на территории республики Башкортостан / А. А. Кулагин, Н. Н. Егорова, И. Ф. Бакиев // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2012. – № 1. – С. 10–14. – Библиогр.: с. 14 (14 назв.).
7. Неверова, О. А. Изменение анатомических показателей хвои *Pinus eldarica* Ten., произрастающей в примагистральных посадках г. Худжанда / О. А. Неверова, О. М. Легощина, Р. С. Зокиров // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=6676> (дата обращения: 22.05.2020).

8. Сосна степных и лесостепных боров Сибири : моногр. / Л. И. Милютин, Т. Н. Новикова, В. В. Тараканов, И. В. Тихонова ; Академическое изд-во «Гео». – Новосибирск, 2013. – 127 с. – Библиогр.: с. 105–125. – ISBN 978-5-906284-16-7.
9. Справочник агроклиматического оценочного зонирования субъектов Российской Федерации : учеб.-практ. пособие / А. Г. Черненко [и др.] ; под ред. С. И. Носова ; ФГУП «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ, ФГУП «Ростехинвентаризация – Федеральное БТИ», НП «Саморегулируемая организация ассоциации российских магистров оценки» (НП СРО АРМО). – Москва, 2010. – 198, [1] с. – ISBN 978-5-903271-47-4.
10. Фурст, Г. Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей / Г. Г. Фурст. – Москва : Наука, 1979. – 155 с. – Библиогр.: с. 141–143.
11. Elkhartbotly, A. A. Acta Ecologica Sinica. Studies on some anatomical features of selected plant species grown in sand dune areas of North Sinai, Egypt / A. A. Elkhartbotly // Acta Ecologica Sinica. – 2016. – Vol. 36, Iss. 4. – P. 246–251. – DOI: 10.1016/j.chnaes.2016.03.004.
12. Mechanisms of a coniferous woodland persistence under drought and heat / N. G McDowell, C. Grossiord, H. D Adams [et al.] // Environmental Research Letters. – 2019. – Vol. 14, No. 04. – P. 045014. – <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0921>.
13. Tyukavina, O. Dendroclimatic investigations of *Pinus sylvestris* L. in the subArctic boreal forests / O. Tyukavina, V. Golub, O. Yunitsyna // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 263. – P. 012023. – DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/263/1/012023>.
14. Delayed Fluorescence from *Pinus Sylvestris* Leaves as an Indicator of Urban Environmental Quality / G. R. Valeeva, M. V. Karpov, Z. M. Khafizova, V. A. Gabdrakhimova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 272. – P. 022241. – DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/2/022241>.

References

1. Voytsekovskaya S.A., Yumagulova E.R., Surnina E.N., Astafurova T.P. (2013) *Issledovaniye fiziologo-biokhimeskikh pokazateley khvoi sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) bolotnykh i lesnykh populyatsiy* [Study of physiological and biochemical parameters of pine needles (*Pinus sylvestris* L.) of marsh and forest populations]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Tomsk State University Journal of Biology], No. 3 (23), pp. 111-119 (in Russian).
2. Galdina T.E., Romanova M.M. (2017) *Issledovaniye osobennosti rosta geograficheskikh kultur sosny obyknovnoy v usloviyakh Tsentralnoy lesostepi* [Research of the growth characteristics of geographical cultures of *Pinus sylvestris* L. in the Central forest-steppe]. *Politematicheskii setevoj elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], No. 127. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf> (in Russian).
3. Egorova N.N., Kulagin A.A. (2014) *Izmenchivost priznakov anatomicheskogo stroyeniya assilyatsionnogo apparata i pro-vodyashchikh korney sosny obyknovnoy v ekstremalnykh lesorastitelnykh usloviyakh* [The variability of the characteristics of the anatomical structure of the assimilation apparatus and the driving roots of *Pinus sylvestris* L. in extreme forest conditions]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of the Orenburg state agrarian university], No. 6 (50), pp. 52-54 (in Russian).
4. Zvereva G.K. (2014) *Strukturnaya organizatsiya mezofilla hvoi u vidov roda Pinus (Pinaceae)* [Structural organization of mesophyll needles in species of the genus *Pinus* (Pinaceae)]. *Botanicheskij zhurnal* [Botanical magazine], Vol. 99, no. 10, pp. 1101-1109 (in Russian).
5. Iozus A.P., Morozova E.V. (2015) *Morfologicheskie i anatomicheskie osobennosti hvoi sosny obyknovnoy raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya v geograficheskikh kul'turah Volgogradskoj oblasti* [Morphological and anatomical features of pine needles of different geographical origin in geographical cultures of the Volgograd region]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], No. 4, URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20526> (in Russian).

6. Kulagin A.A., Egorova N.N., Bakiev I.F. (2012) *Anatomicheskie osobennosti listovogo apparata drevesnykh lesoobrazuyushchikh vidov v ekstremal'nykh lesorastitel'nykh usloviyakh na territorii respubliki Bashkortostan* [Anatomical features of the leaf apparatus of woody forest-forming species in extreme forest-growing conditions on the territory of the Republic of Bashkortostan]. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo centra RAN* [News of the Ufa scientific center of the Russian Academy of Sciences], No. 1, pp. 10-14 (in Russian).

7. Neverova O.A., Legoshchina O.M., Zokirov R.S. (2012) *Izmenenie anatomicheskikh pokazatelej hvoi Pinus eldarica Ten., proizrastayushchej v primagistral'nykh posadkakh g. Hudzhanda* [Changes in the anatomical parameters of *Pinus eldarica* Ten. needles grown near trunk road landings of Khujand]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], No. 4, URL: <http://science-education.ru/article/view?id=6676> (in Russian).

8. Milyutin L.I., Novikova T.N., Tarakanov V.V., Tihonova I.V. *Sosna stepnykh i lesostepnykh borov Sibiri* [Pine of steppe and forest-steppe forests of Siberia]. Novosibirsk: The Academic Publishing House «GEO», 2013, 127 p. (in Russian).

9. *Spravochnik agroklimaticheskogo ocenochного zonirovaniya sub'jektov Rossijskoj Federacii: uchebno-prakticheskoe posobie* [Reference agroclimatic zoning assessment of constituent entities of the Russian Federation] *Chernenkov A.G. i dr.; pod red. S.I. Nosova* [Chernenkov A.G. et al.; ed. by Nosov S.I.], Moscow, 2010. 198, [1] p. (in Russian).

10. Furst G.G. *Metody anatomo-gistokhimicheskogo issledovaniya rastitelnykh tkaney* [Methods of anatomical and histochemical research of plant tissues]. Moscow: Nauka, 1979, 155 p. (in Russian).

11. Elkharbotly A.A. (2016) Studies on some anatomical features of selected plant species grown in sand dune areas of North Sinai, Egypt. *Acta Ecologica Sinica*, 2016. Vol. 36, Iss. 4, pp. 246-251. DOI: 10.1016/j.chnaes.2016.03.004.

12. McDowell N.G., Grossiord C., Adams H.D. (et al.) (2019) Mechanisms of a coniferous woodland persistence under drought and heat. *Environmental Research Letters*, 2019. Vol. 14, N. 04, p. 045014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0921>.

13. Tyukavina O., Golub V., Yunitsyna O. (2019) Dendroclimatic investigations of *Pinus sylvestris* L. in the subArctic boreal forests. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 263, p. 012023. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/263/1/012023>.

14. Valeeva G.R., Karpov M.V., Khafizova Z.M., Gabdrakhimova V.A. (2019) Delayed Fluorescence from *Pinus Silvestris* Leaves as an Indicator of Urban Environmental Quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 272, p. 022241. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/2/022241>.

Сведения об авторах

Галдина Татьяна Евгеньевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: invitro11@bk.

Хазова Екатерина Петровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: hazovaep@gmail.com.

Information about authors

Galdina Tatyana Evgenyevna – PhD (Agriculture), Associate Professor of the Department of Forest Crops, Breeding and Land Reclamation, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: invitro11@bk.

Khazova Ekaterina Petrovna – PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Landscape Architecture and Soil Science, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: hazovaep@gmail.com.