

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ ХРЕНОВСКОГО БОРА

М.А. Пивоваров

аспирант кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО Воронежский
государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия

А.Н. Цепляев

профессор кафедры ботаники и дендрологии, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Аннотация: В исследовании географической изменчивости сосны обыкновенной проведен комплексный анализ влияния географического происхождения посадочного материала на показатели приживаемости, сохранности, санитарное состояние, селекционную ценность и ростовые характеристики древостоев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях интродукции в Воронежской области. На основе многолетнего мониторинга 453 деревьев, представляющих 20 географических популяций, выявлена существенная экологическая пластичность вида и установлена зависимость успешности адаптации от степени соответствия почвенно-климатических условий региона происхождения и региона интродукции.

Полученные данные имеют практическую значимость для разработки научно обоснованных рекомендаций по лесовосстановлению в Центральном Черноземье и могут быть использованы при планировании лесосеменных районов и создании постоянной лесосеменной базы.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, географические культуры, интродукция, приживаемость, селекционная ценность, рост растений, адаптационный потенциал, Воронежская область, лесная селекция.

STUDY OF GEOGRAPHICAL VARIABILITY OF SCOTS PINE IN TEST CROPS OF HORSERADISH FOREST

Pivovarov M.A.

postgraduate student

*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia*

Tseplyaev A.N.

*department of Botany and Dendrology, Doctor of Agricultural Sciences, Voronezh State
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia*

Abstract: This study provides a comprehensive analysis of the impact of the geographical origin of the planting material on the survival rates, sanitary condition, breeding value and growth characteristics of stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) under the conditions of introduction in the Voronezh region. Based on long-term monitoring of 453 trees representing 20 geographical populations, significant ecological plasticity of the species was revealed and the dependence of the success of adaptation on the degree of compliance of the soil and climatic conditions of the region of origin and the region of introduction was established.

The data obtained are of practical importance for the development of scientifically sound recommendations for reforestation in the Central Chernozem region and can be used in the planning of forest-seed areas and the creation of a permanent forest-seed base.

Keywords: common pine, geographical crops, introduction, survivability, breeding value, plant growth, adaptive potential, Voronezh region, forest breeding.

Введение

Устойчивость лесных экосистем и продуктивность древостоев в условиях интродукции определяются комплексом факторов, среди которых ключевое значение имеет географическое происхождение посадочного материала и его адаптационный потенциал к новым почвенно-климатическим условиям [2]. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки и изменения климата проблема подбора оптимального посадочного материала для лесовосстановления становится особенно актуальной [4].

Актуальность изучения географических культур и популяционной структуры сосны обусловлена также необходимостью разработки научно обоснованных рекомендаций для лесного хозяйства [6, 7]. Сохранение генетического разнообразия популяций, оптимизация лесовосстановления и селекционных программ являются ключевыми задачами для обеспечения устойчивого управления лесными ресурсами [1, 3]. В данном исследовании анализируются данные по приживаемости, санитарном состоянии, селекционной ценности и высотного прироста древостоев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) различного географического происхождения, выращенных из посадочного материала первого и второго бонитета в условиях Хреновского бора Воронежской области.

Объекты и методика

Географические культуры сосны обыкновенной в Хреновском лесничестве (кв. 515) были заложены в 1964-1965 гг. по инициативе и под руководством лесничего Д. Г. Дынина. Площадь участка составляет 0,68 га. Семенной материал для закладки культур был получен от д. б. н. А. В. Альбенского и воспитанников Хреновского лесхоза-техникума. Исходные материалы для данного исследования были предоставлены лично Д. Г. Дыниным, они включали: схему размещения климатипов, историческую справку, сведения о приживаемости, сохранности в период 1965-1988 гг. Исследование географической изменчивости сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в данном исследовании базируется на таксационном методологическом подходе.

Таксационные исследования включали проведение сплошного перечета деревьев с измерением высоты, отбор модельных экземпляров для детального анализа ростовых характеристик, а также применение статистических методов (определение средней выоты, ошибки средней, оценка достоверности различий средних независимых выборок по t-критерию (Стьюдента) для установления достоверности различий между высотой различных климатипов.

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ данных полученных Д.Г. Дыниным (1964 г.) и в результате наших исследований (2025 г) выявил значительную вариабельность показателей приживаемости, санитарного состояния, селекционной ценности и динамики роста по высоте древостоев в зависимости от их географического происхождения. Общее количество учтенных деревьев составило 453 единицы, представляющих 20 различных географических популяций, что обеспечивает репрезентативность полученных результатов [3].

Данные по приживаемости на 1965 г. демонстрируют выраженную зависимость от происхождения посадочного материала. Наибольшие показатели приживаемости в первый год после посадки наблюдаются у растений, происходящих из регионов с почвенно-климатическими условиями, близкими к Воронежской области: Ногинск (82% и 78%), Ровно (80% и 78%), Бузулук (78% и 70%), Гомель (76% и 76%) и Брест (75% и 73%). Стабильно высокие показатели приживаемости у данных популяций свидетельствуют об их успешной адаптации к эдафическим и климатическим условиям региона интродукции.

Напротив, сеянцы, полученные из семян, заготовленных в популяциях сформированных климатических условиями (Алдан, Крым) значительно отличающихся от Воронежской области, показали критически низкую адаптацию: алданские растения сохранили приживаемость на уровне 36%, а крымские показали резкое падение с 44% на первый год до 10% на второй. Столь значительное снижение показателей свидетельствует о глубоком экологическом несоответствии условий происхождения и интродукции. Особый интерес представляют случаи успешной адаптации после дополнительных лесоводственных мероприятий у материалов из Хренового (с 36 % до 73 %), Свердловска (с 68 % до 71 %) и Алтая (с 58 % до 72 %), что указывает на возможность улучшения состояния насаждений при своевременных агротехнических мероприятиях.

Анализ санитарного состояния на 2025 г. показал, что наилучшие показатели демонстрируют растения из регионов, экологические условия которых наиболее близки к условиям Воронежской области. Так, зафиксировано количество деревьев с нормальным состоянием: гомельские (81,3 %), брестские (64,7 %) и ровенские (76 %). Высокий процент деревьев с нормальным санитарным состоянием коррелирует с показателями приживаемости, подтверждая общую закономерность лучшей адаптации материалов из экологически близких регионов.

Оценка селекционной ценности на 2025 г. выявила аналогичную тенденцию. Высокая доля деревьев с нормальной и лучшей селекционной ценностью характерен для экотипов Беларуси и Центральной России: Брест - 87,2 %, Гомель 93,9 %, Рязань – 84 %. В то же время климатипы, удаленные от Хреновского бора в восточном направлении показали повышенную долю минусовых деревьев: Новосибирский - 45,8 %, Кемеровский - 37,5 %, Тюменский - 50 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что селекционная ценность тесно связана с экологическим соответствием региона происхождения и региона интродукции.

Показатель высоты растения служит интегральным индикатором его общего состояния, успешности адаптации и потенциала выживания в новых условиях. Анализ многолетних наблюдений (1988-1997 гг.) проводимых Д.Г. Дыниным и А.Н. Цепляевым, а также наши данные 2025 года показывает выраженную зависимость скорости роста от географического происхождения посадочного материала.

Наблюдается значительный разброс показателей высоты деревьев (Рисунок 1): от 6,7 м (Коми, 1988 г.) до 18,3 м (Брест, 1997 г.). К 2025 году высота варьирует от 20,93 м (Якутия, Кемерово) до 23,82 м (Гомель), что демонстрирует существенные различия в продуктивности различных популяций.

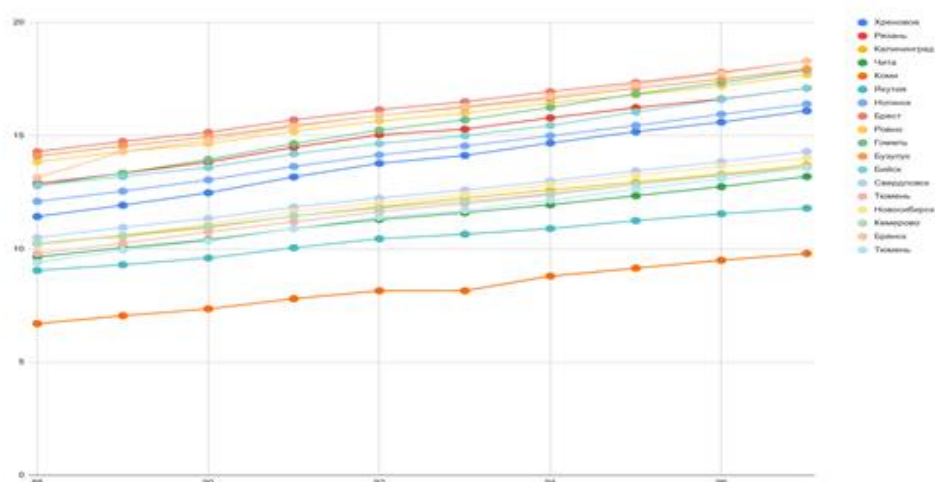


Рисунок 1 – Влияние географического происхождения семян сосны обыкновенной на ход роста в высоту в условиях Хреновского бора (Данные Д.Г.Дынина, А.Н.Цепляева)

Как видно из данных диаграммы (Рисунок 2), лучшие показатели роста демонстрируют экотипы из регионов с почвенно-климатическими условиями, сходными с условиями Воронежской области. Высота сосны местного Хреновского экотипа, генетически и

фенотипически максимально адаптированного к условиям лесокультурной площади составляет - $22,98 \pm 0,5$ м. Растения из Гомеля (Беларусь) достигают высоты $23,82 \pm 0,7$ м к 2025 году благодаря оптимальной экологической пластичности и близким условиям региона происхождения. Бузулукский экотип имея близкие к Хреновскому показатели средней высоты - $22,91 \pm 0,4$ м, демонстрирует успешную адаптацию благодаря континентальному климату региона происхождения, сходному с воронежским.

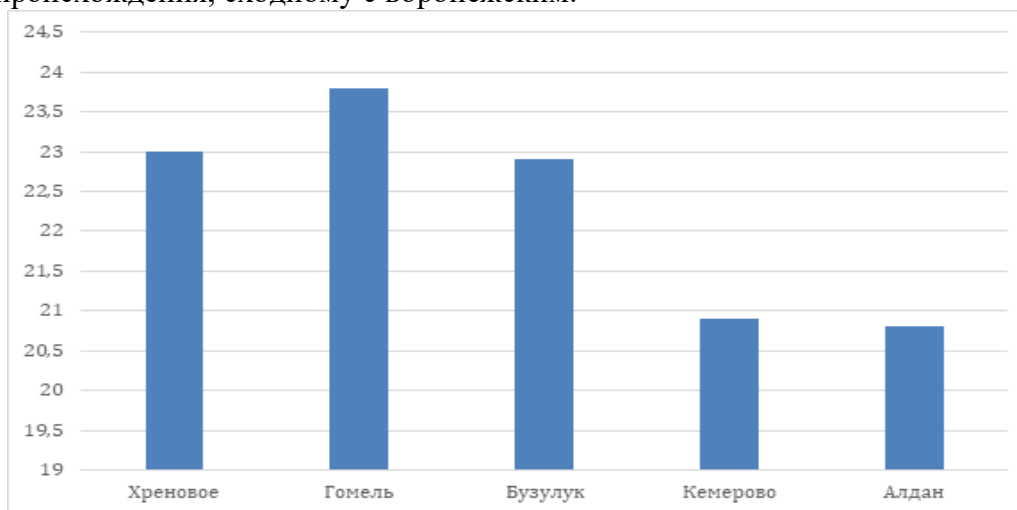


Рисунок 2 – Средние показатели высоты по контрастным экотипам на 2025г.

В противоположность этому, худшие показатели роста характерны для растений из регионов с низкими среднегодовыми температурами. Популяции из Кемерово и Якутии в 2025 году демонстрируют высоту $20,93 \pm 0,3$ м и $20,93 \pm 0,4$ м соответственно. Медленный рост кемеровских растений обусловлен резко континентальным климатом региона происхождения и фотопериодической дезадаптацией. Якутские растения демонстрируют полную экологическую несовместимость с условиями Воронежской области, что проявляется в значительном отставании в росте. Расчет критерия Стьюдента демонстрирует достоверные отличия между высоко продуктивными и низкопродуктивными климатипами (таблица 1). Так

Таблица 1 - Расчетные значения t-критерия Стьюдента для средних значений высоты исследуемых климатипов

Климатипы	Хреновое	Гомель	Бузулук	Кемерово	Алдан
Хреновое	-	0,31	0,19	3,4	3,7
Гомель	0,31	-	0,2	2,5	3
Бузулук	0,19	0,19	-	4,3	4,1
Кемерово	3,4	2,5	4,3	-	1,3
Алдан	3,7	3	4,1	1,3	-

Превышение расчетного над табличными критическими значениями t-критерия Стьюдента (2,01)

Проведенный сравнительный анализ популяций на основе данных таблицы 1 позволяет выявить статистически значимые различия в их ростовых характеристиках в условиях интродукции. Основным методом верификации гипотезы о равенстве средних значений послужил t-критерий Стьюдента.

Ключевым результатом анализа является стратификация исследуемых климатипов на две статистически обособленные группы:

Группа географически и климатически близких популяций (Хреновое, Гомель, Бузулук). Парные сравнения между этими пунктами происхождения демонстрируют значения t -критерия в диапазоне от 0,19 до 0,31, что существенно ниже порогового критического значения (2,01). Это указывает на отсутствие статистически значимых различий в скорости роста между данными популяциями, что, в свою очередь, позволяет сделать вывод об их сходной экологической приспособленности к условиям места исследования или о схожем уровне их продуктивности в целом.

Группа популяций, контрастирующих с первой (Кемерово, Алдан). Сравнение этих климатипов как между собой ($t = 1,3$), так и, что наиболее важно, с популяциями первой группы, выявило фундаментальные различия. Все значения t -критерия в парных сравнениях «Кемерово/Алдан» против «Хреновое/Гомель/Бузулук» являются статистически значимыми, превышая критическое значение 2,01 и достигая величин от 2,5 до 4,3. Наибольшая дивергенция наблюдается между популяциями Бузулук и Кемерово ($t = 4,3$). Данный факт свидетельствует о высокой степени достоверности различий в адаптивном потенциале и ростовых процессах между этими группами.

Количественным выражением выявленных статистических различий является разница в росте к 61-летнему возрасту между лучшими и худшими климатипами, которая достигает 2,89 метра. Эта величина не только подтверждает статистическую значимость, но и подчеркивает высокую практическую релевантность правильного выбора географического происхождения посадочного материала.

Выводы

1. Проведенный анализ подтвердил, что использование посадочного материала без учета экологического соответствия региона происхождения и региона интродукции может привести к значительному снижению продуктивности и устойчивости лесных насаждений. Показатели приживаемости, санитарного состояния и селекционной ценности демонстрируют выраженную зависимость от географического происхождения посадочного материала
2. Наибольшая эффективность лесовосстановления достигается при использовании семян из регионов со сходными почвенно-климатическими условиями. Разница в росте по высоте между лучшими и худшими популяциями может достигать 2,89 метра к 61-летнему возрасту. Растения из регионов с экстремальными условиями показывают критически низкие показатели адаптации
3. Для повышения эффективности лесовосстановительных работ в Воронежской области рекомендуется использовать посадочный материал из регионов со сходными почвенно-климатическими условиями, прошедший предварительную селекционную оценку и тестирование на адаптационный потенциал. Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение молекулярно-генетических основ адаптации различных популяций сосны обыкновенной к условиям Центрального Черноземья.

Таким образом, полученные результаты, подчеркивают, что успешность интродукции находится в прямой зависимости от двух ключевых факторов: генотипически обусловленной экологической пластичности самих популяций, определяющей их способность адаптироваться к новым условиям, а также степени экологического соответствия между условиями места происхождения семенного материала и условиями места интродукции. Полученные результаты имеют важное прикладное значение для лесохозяйственной практики, обосновывая необходимость проведения предварительного географического испытания и строгого соблюдения принципов селекционно-семенного районирования для обеспечения максимальной продуктивности и устойчивости искусственных насаждений.

Список литературы

1. Вересин М.М. Географические культуры хвойных пород / М.М. Вересин, Н.С. Нестеров. — М.: Гослесбумиздат, 1962. — 258 с.
2. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных пород (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. — М.: Наука, 1972. — 284 с.
3. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / Л.Ф. Правдин. — М.: Наука, 1964. — 191 с.
4. Царёв А.П. Селекция и сортовое семеноводство хвойных пород / А.П. Царёв, С.П. Погиба, В.В. Тренин. — М.: Изд-во МГУЛ, 2001. — 254 с.
5. Цепляев А.Н. Хемотипическая изменчивость и микропопуляционная структура коренных сосняков Хреновского бора и ее значение для лесовосстановления / А.Н. Цепляев, Э.И. Трещевская // Вестник ВГЛТУ. — 2018. — Т. 18, № 2. — С. 25-34.
6. Чернышов М.П. Географические лесные культуры сосны обыкновенной в Центральном Черноземье / М.П. Чернышов, М.И. Михайлова // Лесной вестник. — 2015. — № 4. — С. 45-52.
7. Чернышов М.П. Географические лесные культуры сосны обыкновенной в Центральном Черноземье / М.П. Чернышов, М.И. Михайлова. — Воронеж: ВГЛТУ, 2024. — 196 с.

References

1. Veresin M.M. Geographical cultures of coniferous species / M.M. Veresin, N.S. Nesterov. — M.: Goslesbumizdat, 1962. — 258 p.
2. Mamaev S.A. Forms of intraspecific variability of tree species (on the example of the Pinaceae family in the Urals) / S.A. Mamaev. — M.: Nauka, 1972. — 284 p.
3. Pravdin L.F. The common pine. Variability, intraspecific taxonomy and breeding / L.F. Pravdin, Moscow: Nauka Publ., 1964— 191 p.
4. Tsarev A.P. Breeding and varietal seed production of coniferous species / A.P. Tsarev, S.P. Pereba, V.V. Trenin. Moscow: MGUL Publishing House, 2001. — 254 p.
5. Tseplyaev, E.I. Treshchevskaya // Herald of VGLTU. — 2018. — Vol. 18, No. 2. — pp. 25-34.
6. Chernyshov M.P. Geographical forest cultures of the common pine in the Central Chernozem region / M.P. Chernyshov, M.I. Mikhailova // Lesnoy vestnik. - 2015. — No. 4. — pp. 45-52.
7. Chernyshov M.P. Geographic forest cultures of Scots pine in the Central Black Earth Region / M.P. Chernyshov, M.I. Mikhailova. – Voronezh: VGLTU, 2024. — 196 p.