

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

УДК 630*561+631.524.82+582.475.4

ЛЕСОСЕМЕННЫЕ РАЙОНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РОСТА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР В СИБИРИ

С. Р. Кузьмин^{1,2}, Н. А. Кузьмина¹

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

² Сибирский федеральный университет
660041, Красноярск, просп. Свободный, 79

E-mail: kuz@ksc.krasn.ru, skr_7@mail.ru

Поступила в редакцию 31.07.2020 г.

Целью работы является определение границ перемещения семян сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. на территории Сибири на основе оценки успешности роста 40-летних географических культур, созданных в Богучанском лесничестве Красноярского края. В географических культурах исследуются 83 климатических экотипа на двух участках с разными лесорастительными условиями. Более 40 % климатических экотипов представляют сосновые леса Сибири. Многолетние наблюдения за комплексом признаков географических культур (сохранность, рост в высоту и по диаметру, запас стволовой древесины, фитопатологическое состояние деревьев и форма ствола) позволили провести анализ ранговой стабильности климатических экотипов. Анализ стабильности климатипов по селекционным показателям проведен в разных экологических и климатических условиях. В результате выявлены перспективные климатипы в пределах каждого экспериментального участка и показаны различия между участками. Получен усредненный показатель по комплексу признаков на каждом участке, который является итоговой оценкой успешности роста климатипов в данном возрасте и основанием для сравнительного анализа сходства и различия климатипов. В результате проведенного сравнительного анализа предложены рекомендации по перемещению семян и выделению лесосеменных районов. При создании лесных культур рекомендуется осуществлять перенос семян в широтном и долготном направлениях в определенных пределах, учитывая стороны света. В рамках уточнения лесосеменного районирования сосны обыкновенной и для лесных предприятий, занимающихся выращиванием лесных культур и плантаций, на территории Красноярского края, Хакасии, Тывы и Иркутской области рекомендовано вместо одиннадцати действующих лесосеменных районов ограничиться пятью, границы которых представлены на карте.

Ключевые слова: лесосеменное районирование, *Pinus sylvestris* L., климатический экотип, средняя высота, успешность роста.

DOI: 10.15372/SJFS20200601

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование географической изменчивости древесных видов и лесосеменное районирование являются основными методами повышения продуктивности и устойчивости создаваемых искусственных насаждений. Испытание семенного потомства в географических культурах до настоящего времени

остается надежным способом установления генетической ценности селекционного материала. Изучение внутривидовой изменчивости в генетических коллекциях (географических культурах) позволяет выявить перспективные климатипы, рекомендовать их для создания целевых лесных культур и плантаций и определить границы перемещения семян в регионах. Правильный выбор географического происхождения для

выращивания в конкретных лесорастительных условиях позволяет повысить продуктивность культур на 10–40 % (Пихельгас, 1982; Писаренко и др., 1992; Чернодубов и др., 2005; Наквасина и др., 2008; Мерзленко, 2017).

Исследования географических культур распространены в мире при поиске наиболее подходящих происхождений с учетом их реакции на изменения климатических условий и установлении границ рационального перемещения семян. Исследования проводят на объектах, созданных как в пределах одной страны, к примеру: в Канаде (Morgenstern, 1996), США (Cunningham, Haverbeke, 1991), Венгрии (Matyas, Yeatman, 1992), Швеции (Persson, 1994; Eriksson et al., 2013), Германии (Taeger et al., 2013), так и на объектах нескольких стран: Финляндии и Эстонии (Manninen et al., 2002), Финляндии и Швеции (Andersson et al., 2007; Berlin et al., 2016). Известны совместные исследования ученых, охватывающие большое количество пунктов испытания и происхождения сосны *Pinus* L. (Giertych, 1979; Shutyaev, Giertych, 1998; Rehfeldt et al., 2002). В целом на территории Северной Европы исследователи рекомендуют ограничивать перемещение семян на север в пределах 2–3°, на юг – до 4°.

Проблема переноса семян сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в России имеет давнюю историю. Одни из первых рекомендаций опубликованы в первой половине XX в. Так, по мнению Ф. И. Фомина (1940), переброска семян с севера на юг возможна до 5°, с юга на север – в пределах 2–3°, с востока на запад – до 20°, с запада на восток – до 10°. Более широкие границы перемещения семян предлагал В. М. Обновленский (1950): с севера на юг – в пределах 6–8°, с юга на север – до 4°. В 1970–1980 гг. рекомендации по перемещению семян сосны были предложены для северных, западных и центральных регионов России, Украины и Белоруссии. В центральных районах европейской части ареала сосны были определены физико-географические районы и области для использования с их территорий семян для конкретных регионов (Правдин, Вакуров, 1968). Другие исследователи рекомендовали ограничивать переброску семян в пределах административных районов, особенно на северо-западе и северо-востоке центрального района в зоне смешанных лесов (Проказин, Куракин, 1980). В южно-таежной и хвойно-широколиственной подзонах предлагалось перемещать семена с севера на юг на 4°, с юга на север – на 2–2.5°, с востока на запад – на 10–11° и с запада на восток – на 5–6° (Вересин, 1963).

На территории Белоруссии перемещение семян сосны допускалось до 3° на юг, до 5° на север, до 5° на запад и до 20° на восток (Поджарова, 1980).

Таким образом, предлагаемые исследователями границы перебросок семян сосны на разных территориях различаются и варьируют в пределах 3–8° с севера на юг, 2–5° с юга на север, 5–20° с запада на восток и 10–20° с востока на запад. Варьирование расстояний перемещения семян объясняется географическими особенностями природных территорий и трудностью определения границ климатических экотипов, для точного выявления которых необходимы более длительные наблюдения за географическими культурами.

Первое официальное лесосеменное районирование основных лесобразующих видов, разработанное по заданию Государственного комитета СССР по лесному хозяйству (Лесосеменное районирование..., 1982), было важнейшей составной частью государственной программы генетического улучшения лесов страны в 80–90-х гг. XX в. и обязательным для государственных и других предприятий, занимающихся лесной деятельностью. В пределах ареала сосны обыкновенной было выделено 85 лесосеменных районов, в том числе на территории Красноярского края, Хакасии, Тувы и Иркутской области 12 лесосеменных районов с подрайонами. Основой районирования стали результаты исследования внутривидовой изменчивости, все виды природного районирования (климатическое, лесорастительное, геоморфологическое), а также результаты исследований географических культур, созданных в 40–70 гг. XX в.

Для уточнения лесосеменного районирования и решения фундаментальных и прикладных задач в 1976–1977 гг. на территории СССР и ближнего к нему зарубежья по единой программе и методике ВНИИЛМа была организована государственная сеть географических культур основных хвойных видов. Одним из 34 испытательных пунктов сосны обыкновенной в созданной сети являются географические культуры на территории Богучанского лесничества Красноярского края.

Результаты изучения роста сосны в географических культурах в первые 20–35 лет после посадки позволили исследователям сделать предварительные выводы о перемещении семян сосны и отбору перспективных климатипов на территориях европейского Севера, центральной части России, Западной и Средней Сибири, Бу-

рости (Тараканов и др., 2001; Наквасина, Гвоздухина, 2005; Чернодубов и др., 2005; Новикова, 2012 и др.). В частности, исследователями сосны обыкновенной в разных пунктах испытания на европейском Севере России рекомендовано сужение границ перемещения семян по сравнению с лесосеменным районированием 1982 г. и действующим районированием 2016 г. (Наквасина, Гвоздухина, 2005; Демина и др., 2012). Результаты изучения роста сосны обыкновенной в географических культурах многих пунктов испытания показаны в работе А. М. Shutyaev, M. Giertych (1998). Усредненные показатели роста в высоту сосны разного происхождения на примере 5–12 пунктов испытания в 14-летнем возрасте позволили авторам показать успешность роста одних и тех же климатипов в разных экспериментах. В старшем возрасте географических культур подобного анализа не проводилось.

В последние годы в научной литературе предлагаются относительно новые методы и принципы семенного районирования сосны обыкновенной на основе полученных результатов изучения географических культур и генетико-географических исследований природных популяций (Видакин и др., 2012; Демина и др., 2012; Егоров, 2016; Санников и др., 2017). Методы биохимической генетики значительно расширяют знания о дифференциации природных популяций сосны обыкновенной и могут использоваться при уточнении лесосеменного районирования. Тем не менее результаты изучения сосны обыкновенной в географических культурах более объективны для рекомендаций по перемещению семян в регионах.

С 2015 г. введено в действие новое лесосеменное районирование сосны обыкновенной, опирающееся на ряд природных районирований, анализ климатических факторов пунктов происхождения и испытания климатических экотипов, а также на частичные результаты исследований географических культур сосны последней серии. На территории России новым районированием выделено 25 лесосеменных районов, на территории Красноярского края, Иркутской области, Тывы и Хакасии – 11 районов (Приказ..., 2015).

Цель данной работы – определить границы перемещения семян сосны обыкновенной на территории Восточной Сибири на основе комплексной оценки успешности роста климатических экотипов, тестируемых в разных лесорастительных условиях в географических культурах в Богучанском лесничестве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пункт испытания географических культур находится в южной тайге на территории Богучанского лесничества Красноярского края. Создавались географические культуры на трех экспериментальных участках с разными почвенными и лесорастительными условиями, один из которых площадью 6 га уничтожен пожаром в 1995 г. Сохранившиеся участки географических культур занимают лесные площади с разными лесорастительными условиями. Первый участок расположен на дерново-подзолистой песчаной почве с маломощным гумусовым горизонтом (до 3 см), тип леса сосняк бруснично-толокнянковый, состав древостоя – 10С, второй – на темно-серой лесной суглинистой почве с мощным гумусовым горизонтом (до 40 см), тип леса – сосняк разнотравный с составом 9С+1Л. Почва второго участка более богата микробиологическим азотом, диоксидом калия, нитритным азотом и диоксидом фосфора. Площади участков составляют соответственно 15 и 9 га, подготовка почвы сплошная, посадка под меч Колесова с размещением 1.5×0.75 м.

Создавались географические культуры 3-летними сеянцами, высаженными рядами в отдельные блоки. Площадь блоков у климатипов сосны разная в зависимости от количества высаженных сеянцев. На участке с песчаной почвой у климатипов высажено от 235 до 900 шт., на суглинистой – от 100 до 900 шт. В географических культурах испытывается 83 климатических экотипа (далее в тексте условно называемых климатипами) сосны обыкновенной, места происхождения которых находятся в долготном направлении от Кольского п-ва до Охотского моря (от $26^{\circ}28'$ до $138^{\circ}00'$ в. д.), в широтном – от лесотундры до южной границы ареала (от $69^{\circ}40'$ до $50^{\circ}10'$ с. ш.). Названия климатических экотипов даны по названиям лесхозов 1973–1975 гг., на территории которых проводился сбор семян в наиболее распространенных хозяйственно ценных сосняках. Каждому климатическому экотипу присвоен индивидуальный номер, контролем является местный богучанский климатип (№ 42). Места происхождения климатипов на картах-схемах показаны номерами. Перечень климатипов с названием и номером приведен в ранее опубликованной работе (Кузьмина и др., 2004).

При сравнительном анализе роста исследуемых климатипов сосны на разных испытательных участках использовали материалы учета

основных шести селекционных показателей: сохранности, высоты, диаметра, объема ствола, запаса древесины, формы ствола деревьев у климатипов в 37–40-летнем возрасте. Фитопатологическое состояние географических культур в период эпифитотий на первом участке оценивалось дополнительно и было седьмым показателем. Объем выборок для определения средних высоты и диаметра в последний год учета составлял 50 растений. Форму ствола и степень заболевания учитывали у всех живых деревьев. Измерения в высоту проводили с помощью ультразвукового высотомера Vertex IV, диаметр измеряли на высоте груди (1.3 м) мерной вилкой с сантиметровой шкалой. Для определения запаса стволовой продуктивности рассчитывали средний объем ствола каждого климатипа по формуле, взятой из лесотаксационного справочника для южно-таежных лесов Средней Сибири. Запас стволовой древесины определяли методом произведения среднего объема ствола и числа сохранившихся живых деревьев, переведенных с площади блока на 1 га. Вычисление основных средних статистических показателей проводилось общепринятыми методами с использованием компьютерных программ Microsoft Excel и Statistica 7.0.

Все исследуемые показатели роста и состояния 83 климатических экотипов оценивали в процентах относительно контроля, а также в долях стандартного отклонения (σ) от средних значений на участках, что позволило определить средний селекционный показатель, демонстрирующий успешность роста климатипов по комплексу признаков. Этот методический прием широко используется многими исследователями географических культур (Олексин и др., 1986; Shutyaev, Giertych, 1998; Наквасина и др., 2008; Мерзленко и др., 2017). В расчетах использовали среднее арифметическое значение выборки деревьев каждого климатипа и среднее арифметическое значение по всей совокупности климатипов. Определяли разность между этими средними, которую делили на величину стандартного отклонения всей совокупности средних значений климатипов и таким образом получали успешность роста в долях стандартного отклонения по конкретному селекционному показателю. Расчеты по каждому из них проводили на двух участках. Итоговой оценкой успешности роста каждого климатипа по комплексу признаков является среднее арифметическое значение успешности роста по семи селекционным показателям на первом участке и шести – на втором.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно методике и программе исследования, результаты роста сосны обыкновенной в географических культурах, достигших II класса возраста, являются научной основой для разработки предварительных рекомендаций по перемещению семян в регионе и отбору перспективных происхождений. Окончательная оценка географических культур должна проводиться по достижению $\frac{1}{2}$ возраста спелости географических культур.

Результаты последнего учета географических культур показали, что на участке с дерново-подзолистой песчаной почвой высокие значения средней высоты отмечаются у климатипов из южной тайги Красноярского края, Иркутской области, а также из средней и южной тайги европейской части ареала сосны (Архангельская и Вологодская области, Карелия, Республика Коми). Относительно высокие ростовые показатели отмечаются у климатипов из лесостепей Южного Урала, Западной Сибири, у трех климатипов из степных подтаежных лесов Забайкалья. Превышение средней высоты у климатипов этих территорий достигает двух стандартных отклонений (рис. 1, а).

Климатипы с территории европейской части ареала сосны, западных, южных и центральных регионов России и ближнего зарубежья значительно отстают от контроля и от среднего значения на участке (от -0.3 до -1.8σ). Отклонения с отрицательным знаком (от -0.1 до -0.7) имеют некоторые климатипы сосны из подтаежных лесов с южных территорий Сибири. Очевидно, что климатипы сосны с этих территорий испытывают экологические ограничения в адаптации на участке с дерново-подзолистой песчаной почвой. По комплексу селекционных признаков в условиях песчаной почвы отобрано 16 лучших климатипов сосны из южно-таежной зоны Сибири и с территории средней и южной тайги европейского Севера.

Преимущество по высоте относительно контроля в среднем у них достигает 28 %, относительно среднего значения на участке – от 0.5 до 2.5 σ . Более детальный анализ географических культур на этом участке выполнен раньше (Кузьмина, Кузьмин, 2017).

На темно-серой лесной суглинистой почве отмечается другая ситуация – число климатипов, имеющих превышение средней высоты относительно контроля, несколько увеличивается. Представляет эту группу ряд потомства сосны с

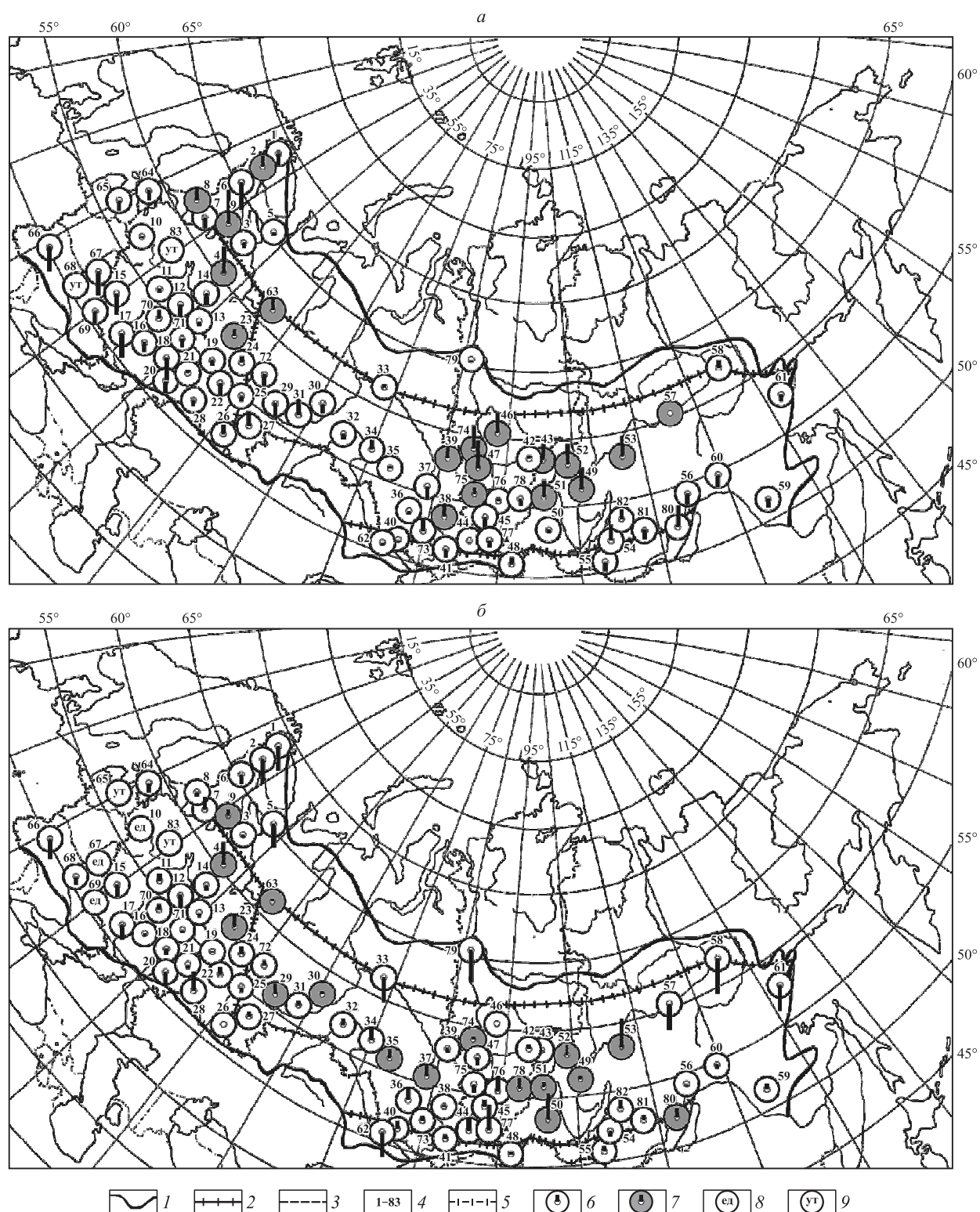


Рис. 1. Средняя высота климатических экотипов сосны в долях стандартного отклонения от среднего значения на участках с песчаной (а) и суглинистой (б) почвами (1 – граница ареала вида; 2 – граница подвидов по Л. Ф. Правдину, А. Д. Вакурову (1968); 3 – граница Красноярского края; 4 – авторские номера климатипов; 5 – граница государств; 6 – выражение показателя в стандартном отклонении (радиус внешней окружности равен 1 σ , внутренней – 0.2 σ); 7 – перспективные климатипы; 8 – единично сохранившиеся деревья; 9 – утраченные климатипы).

территорий лесостепной зоны Южного Урала, Западной Сибири и лесостепной и подтаежных зон Средней Сибири, превышения по высоте варьируют от 0.3 до 2 σ (рис. 1, б). Материнские насаждения этого потомства сосны отличаются более высоким бонитетом по сравнению с сосняками в пункте испытания. Можно отметить, что у потомства климатипов из лесостепных зон Южного Урала и Сибири за 40-летний период роста в пункте испытания в южной тайге проявились потенциальные наследственные особенности, связанные с ростом и стволовой продуктивностью. Особенно это проявляется в условиях сосняка разнотравного с темно-серой лесной суглинистой почвой по сравнению с экспериментальным участком, имеющим более сухие условия роста (бруснично-толокнянковый тип леса и дерново-подзолистая песчаная почва). В то же время у ряда климатипов из средней и южной тайги, показавших хорошие результаты по высоте на песчаной дерново-подзолистой почве, снизились значения средней высоты на темно-серой лесной.

На участке с суглинистой почвой выделено 15 перспективных климатипов с территории таежных и лесостепных зон Сибири (Новосибирская, Иркутская, Читинская области, Красноярский край) и Зауралья. Преимущество по высоте относительно контроля у некоторых из них достигает 15 %, по отношению к средней высоте сосны на экспериментальном участке варьирует от 0.1 до 2.0 σ (места происхождения этих климатипов показаны темными кружками на рис. 1, б). Аналогичные результаты на исследуемых участках отмечены у климатипов по запасу стволовой древесины.

Некоторые лучшие климатипы, выделенные нами на разных участках в перспективные, успешны в росте и продуктивности в других пунктах испытания. Например, енисейский (№ 47) и нижеенисейский (№ 74), пряжинский (№ 7) и корткеросский (№ 63) также были успешны в географических культурах в Красноярской лесостепи (Черепнин, 1980) и в Забайкалье в раннем возрасте (Черепнин и др., 2007). В 20-летнем возрасте нижеенисейский не отстает от контроля и даже превосходит его в географических культурах в Заудинском лесничестве Бурятии (Новикова, 2012). Высокие показатели высоты и запаса стволовой древесины выявлены у пудожского (№ 9), пряжинского (№ 7), сортовальского (№ 8) и тотемского (№ 4) климатипов в географических культурах в Архангельской области (Наквасина, Гвоздухина, 2005).

Между экспериментальными участками по запасу древесины одноименные климатипы различаются в 2 раза и более, преимущество относительно контроля у перспективных климатипов на песчаной почве составляет в среднем 70 %, с варьированием от 14 до 190 %. На участке с суглинистой почвой преимущество у перспективных климатипов значительно меньше – от 9 до 38 %.

Итоговой оценкой роста географических культур на каждом экспериментальном участке является усредненный показатель по комплексу признаков, выраженный в долях стандартного отклонения от средних значений: сохранности, высоты, диаметра, объема ствола, запаса древесины, формы ствола в долях прямых деревьев и фитопатологического состояния в период эпифитотий. По средним значениям как отдельных селекционных показателей (см. рис. 1), так и комплексу признаков (рис. 2) на картах-схемах можно выделить территории со сходными значениями стандартного отклонения у климатических экотипов (показаны сплошной линией на рис. 2, а).

В условиях испытания близкие значения показателей успешности роста отмечаются у климатических экотипов из европейской части ареала вида: из Мурманской области и севера Карелии (зона северной тайги). Климатипы с этой территории имеют схожие низкие значения в росте, особенно на экспериментальном участке с темно-серой лесной почвой (см. рис. 1, б, 2, б).

На участке с песчаной почвой выделяется кандалакшский климатип (№ 2, см. рис. 1, а, 2, а), имеющий относительно высокие показатели роста в условиях участка. Большинство климатипов из зоны средней тайги Карелии, Архангельской и Вологодской областей (зона южной тайги) успешны в росте.

Отстает в росте относительно как контроля, так и средних значений на участках группа климатипов сосны из центральных районов России (Нижегородская, Московская, Костромская, Владимирская, Рязанская, Ульяновская области). Значительно ниже значения показателей у климатипов сосны из западных (Литва, Эстония, Псковская область), юго-западных (Украина, Белоруссия, Брянская и Воронежская области) и южных районов (Тамбовская, Пензенская, Саратовская области). Климатипы с этих территорий (зоны широколиственных лесов и лесостепи) отличаются низкими показателями сохранности, средней высоты и устойчивости к грибным патогенам.

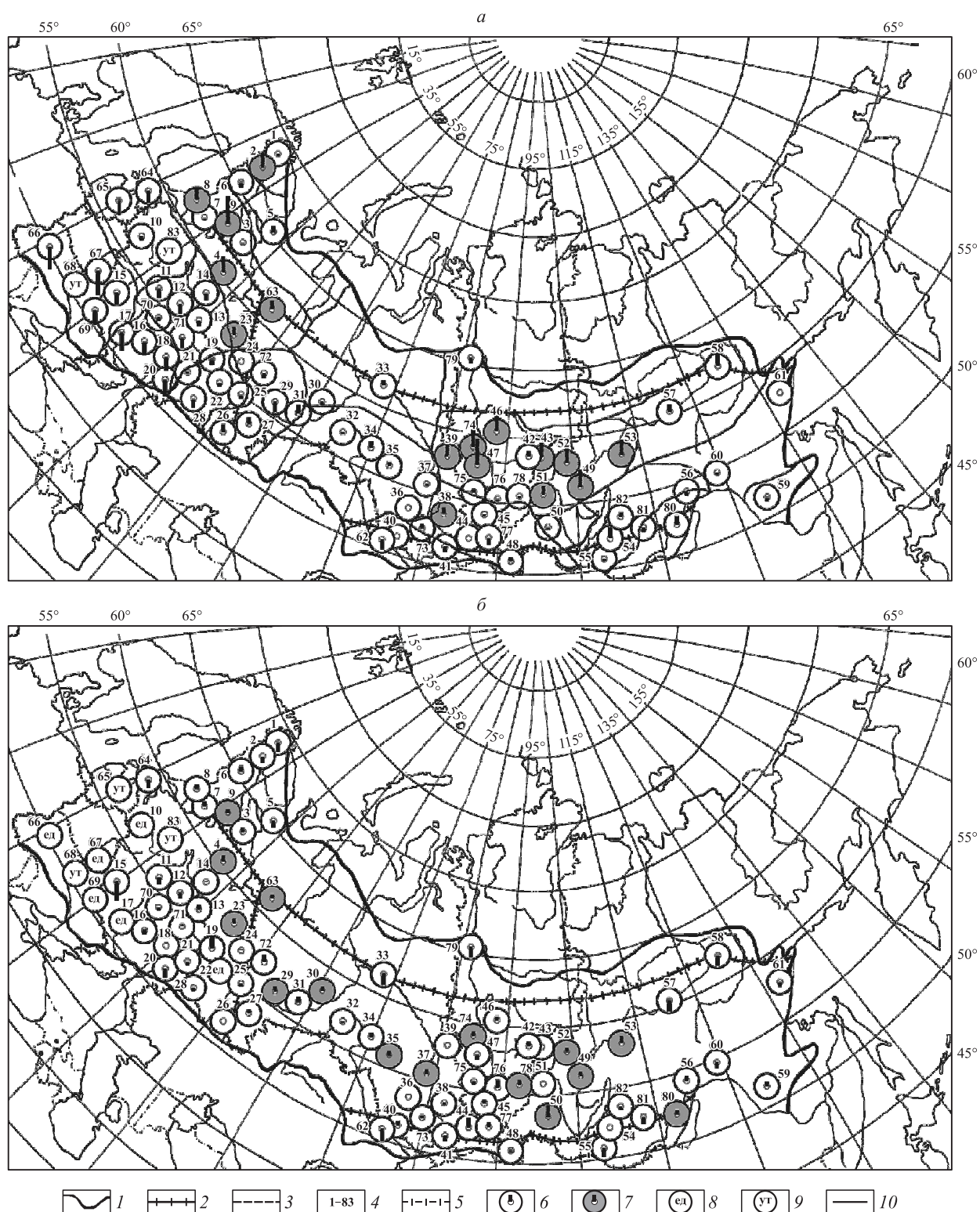


Рис. 2. Успешность роста климатических экотипов сосны по комплексу признаков в долях стандартного отклонения от среднего значения на участках с песчаной (*а*) и суглинистой (*б*) почвами (1 – граница ареала вида; 2 – граница подвидов по Л. Ф. Правдину, А. Д. Вакурову (1968); 3 – граница Красноярского края; 4 – авторские номера климатипов; 5 – граница государств; 6 – выражение показателя в стандартном отклонении (радиус внешней окружности равен 1 σ , внутренней – 0.2 σ); 7 – перспективные климатипы; 8 – единично сохранившиеся деревья; 9 – утраченные климатипы; 10 – выделенные группы климатипов с близкими значениями селекционных показателей).

Сосна из южных районов Предуралья (южные климатические экотипы из Татарстана и Оренбургской области) также отстает в росте. Высота, сохранность и стволовая продуктивность на уровне контроля отмечаются у климатических экотипов с Южного, Среднего Урала и Зауралья (зона лесостепи, таежных горных лесов и подзона южной тайги, № климатипов: 24, 26, 27, 29, 30, 72). Относительно успешным ростом выделяются климатипы сосны с территории Западной Сибири (подзона лесостепи, № климатипов: 32, 34–37), их ростовые показате-

ли и сохранность выше средних значений на участке с темно-серой лесной почвой, но климатип из средней тайги (№ 33) отстает от них в росте.

Сосна из северной тайги Красноярского края имеет относительно низкие значения по стволовой продуктивности. Близкие значения по высоте, сохранности и устойчивости к патогенам отмечены у группы климатических экотипов с успешным ростом в центральных районах Красноярского края и Иркутской области (территория Ангаро-Обского бассейна с подтаежными,

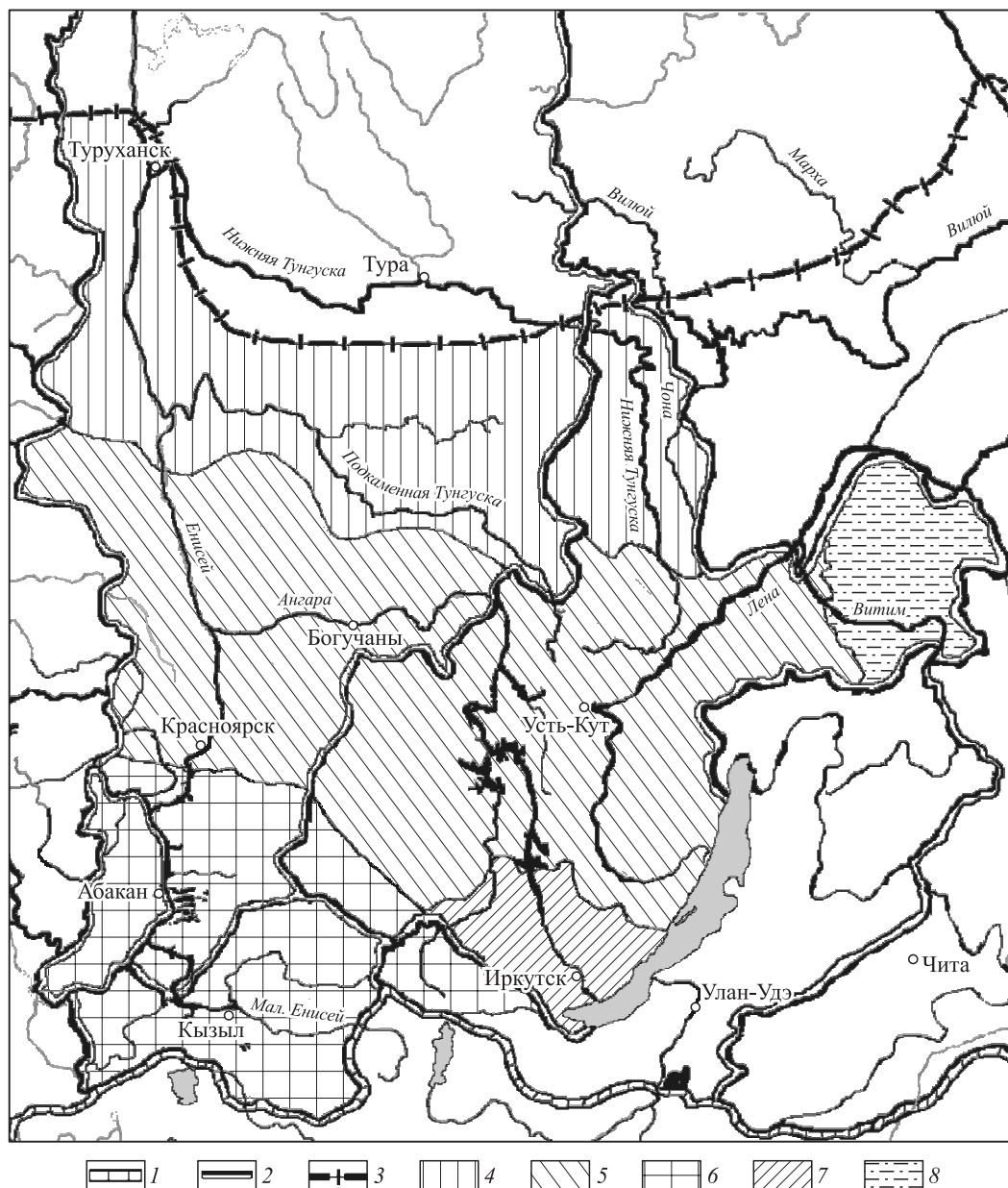


Рис. 3. Лесосеменные районы сосны обыкновенной в Сибири (Красноярский край, Хакасия, Тыва, Иркутская обл.), выделенные на основе результатов исследования географических культур (1 – граница государств; 2 – граница регионов России; 3 – северная граница ареала сосны обыкновенной; районы: 4 – Туруханско-Эвенкийский; 5 – Ангаро-Ленский; 6 – Саянский; 7 – Иркутский; 8 – Якутский).

южно-таежными и лесостепными лесами). Относительно менее успешные показатели роста выявлены у климатических экотипов с юга Сибири, в том числе Хакасии и Тывы (лесостепные, подтаежные и горно-таежные сосновые леса). В пределах этой территории по росту в высоту, форме кроны, ствола и чувствительности к грибным болезням отличаются минусинский и балгазынский климатические экотипы. Дифференциация этих климатических экотипов показана в генетических исследованиях сосны на юге Сибири и в Монголии (Экарт и др., 2014; Ekart et al., 2014). Близкие значения роста и сохранности выявлены у климатических экотипов с территории Якутии. Сосне этого региона А. И. Ирошников (1977) придает статус климатипа, что согласуется с результатами наших исследований. Неоднозначные показатели роста и стволовой продуктивности имеет сосна с территории Забайкалья, Дальнего Востока и севера Хабаровской области. Существенные различия наблюдаются между климатическими экотипами с территории Бурятии и Читинской области.

В пределах отмеченных территорий можно успешно перемещать семена сосны обыкновенной, особенно это относится к территории Красноярского края, Хакасии, Тывы и Иркутской области. Полученные результаты позволяют выделить в Восточной Сибири пять лесосеменных районов. Туруханско-Эвенкийский лесосеменной район занимает территории Туруханского и Эвенкийского лесничеств Красноярского края и Катангского лесничества Иркутской области. Ангара-Ленский – самый большой район, охватывает территории 37 лесничеств, расположенных в бассейнах рек Ангары и Лены. Саянский лесосеменной район представляют сосновые леса юга Красноярского края, Хакасии и Тывы. В пределах района выделяются минусинско-шушенские и балгазынский боры как особые климатические экотипы. В Саянский район также включены и сосновые леса юго-западной части Иркутской области (южная часть Нижнеудинского лесничества). Иркутский лесосеменной район представляют сосновые леса юго-западной предбайкальской территории Иркутской области. К Якутскому лесосеменному району на территории Иркутской области отнесены сосняки Бодайбинского лесничества (рис. 3).

О сокращении семенных зон у разных видов упоминается в зарубежной научной литературе. Обсуждая вопрос о трансфере семян, Е. К. Morgenstern (1996) отмечает, что пересмотр

границ перемещения семян является обычной практикой в связи с появлением научных данных по испытанию происхождений в географических культурах. По его данным, на территории Канады после появления результатов испытаний число семенных зон в прибрежных районах сократилось с 15 до 4, в пределах континентальных – с 42 до 21.

В европейской части ареала сосны обыкновенной имеется достаточно испытательных пунктов географических культур новой серии, результаты исследований которых позволят ученым дать более объективные рекомендации для лесного хозяйства западных регионов страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Сибири перемещение семян сосны обыкновенной рекомендуем проводить в широтном направлении: с севера на юг с 60°30' с. ш. до 5°–5°30', с юга на север – до 4°. В долготном направлении: с востока на запад – до 20°, с запада на восток – до 15°. Для рационального лесовосстановления и уточнения лесосеменного районирования сосны обыкновенной на территории Красноярского края, Тывы, Хакасии и Иркутской области рекомендуем вместо одиннадцати действующих районов ограничиться пятью. Их представляют выделенные нами Туруханско-Эвенкийский, Ангара-Ленский, Саянский, Иркутский и Якутский лесосеменные районы.

Работа выполнена при финансовой поддержке базового проекта ИЛ СО РАН (№ 0356-2019-0024) и частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-05-00540).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Вересин М. М. Лесное семеноводство. М.: Гослесбумиздат, 1963. 158 с. [Veresin M. M. Lesnoe semenovodstvo (Forest seed growing). Moscow: Goslesbumizdat, 1963. 158 p. (in Russian)].
- Видякин А. И., Семериков В. Л., Полежаева М. А., Дымшакова О. С. Распространение гаплотипов митохондриальной ДНК в популяциях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на севере Европейской России // Генетика. 2012. Т. 48. № 12. С. 1440–1444 [Vidyakin A. I., Semerikov V. L., Polezhaeva M. A., Dymshakova O. S. Rasprostranenie gaplotipov mitokhondrialnoy DNK v populyatsiyakh sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.) na severe Evropeyskoy Rossii (Spread of mitochondrial DNA haplotypes in population of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Northern European Russia) // Genetika

- (Genetics). 2012. V. 46. N. 12. P. 1440–1444 (in Russian with English abstract)].
- Демина Н. А., Файзулин Д. Х., Наквасина Е. Н., Артемьева Н. Р. Уточнение границ лесосеменного районирования сосны на европейском Севере // ИВУЗ. Лесн. журн. 2012. № 3 (327). С. 51–57 [Demina N. A., Fayzulin D. H., Nakvasina E. N., Artem'eva N. R. Utochnenie granits lesosemennogo rayonirovaniya sosny na Yevropeyskom Severe (Update of seminal zoning boundaries of pine in the European North) // IVUZ. Lesn. zhurn. (For. J.). 2012. N. 3 (327). P. 51–57 (in Russian with English abstract)].
- Егоров Е. В. Аллозимная географическая дифференциация популяций *Pinus sylvestris* L. в Средней Сибири и Забайкалье // Сиб. лесн. журн. 2016. № 5. С. 12–20 [Egorov E. V. Allozymnaya geograficheskaya differentsiatsiya populyatsiy *Pinus sylvestris* L. v Sredney Sibiri i Zabaykal'e (Allozyme geographical differentiation of *Pinus sylvestris* L. populations in Central Siberia and Trans-Baikalia) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2016. N. 5. P. 12–20 (in Russian with English abstract)].
- Прошников А. И. Географические культуры хвойных в Южной Сибири // Географические культуры и плантации хвойных в Сибири. Сб. ст. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. С. 4–110 [Iroshnikov A. I. Geograficheskie kul'tury khvoynykh v Yuzhnoy Sibiri (Provenance trials of conifers in southern Siberia) // Geograficheskie kul'tury i plantatsii khvoynykh v Sibiri. Sb. st. (Provenance trials and plantations of conifers in Siberia. Coll. articles). Novosibirsk: Nauka. Sib. Br., 1977. P. 4–110 (in Russian)].
- Кузьмина Н. А., Кузьмин С. Р., Милютин Л. И. Дифференциация сосны обыкновенной по росту и выживаемости в географических культурах Приангарья // Хвойные бореальной зоны. 2004. Вып. 2. С. 48–56 [Kuzmina N. A., Kuzmin S. R., Milyutin L. I. Differentsiatsiya sosny obyknovennoy po rostu i vyzhivayemosti v geograficheskikh kul'turakh Priangar'ya (Differentiation of Scots pine in growth and survival in the provenance trial in Priangarie) // Khvoynye boreal'noy zony (Coniferous of the Boreal Zone). 2004. Iss. 2. P. 48–56 (in Russian with English abstract)].
- Кузьмина Н. А., Кузьмин С. Р. Анализ динамики роста климатипов сосны обыкновенной в географических культурах в Средней Сибири // Сиб. лесн. журн. 2017. № 2. С. 31–39 [Kuzmina N. A., Kuzmin S. R. Analiz dinamiki rosta klimatipov sosny obyknovennoy v geograficheskikh kul'turakh v Sredney Sibiri (Analysis of Scots pine climatypes growth dynamics in the provenance trial in Central Siberia) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2017. N. 2. P. 31–39 (in Russian with English abstract)].
- Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 368 с. [Lesosemennoe rayonirovanie osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod v SSSR (Forest seed zoning of main forest species in USSR). Moscow: Lesn. prom-st' (Timber industry), 1982. 368 p. (in Russian)].
- Мерзленко М. Д., Глазунов Ю. Б., Мельник П. Г. Результаты выращивания провениенций сосны обыкновенной в географических посадках Серебряноборского опытного лесничества // Лесоведение. 2017. № 3. С. 176–182 [Merzlenko M. D., Glazunov Yu. B., Melnik P. G. Rezultaty vyrashchivaniya provenientsiy sosny obyknovennoy v geograficheskikh posadkakh Serebryanoborskogo opyt-nogo lesnichestva (Growing geographic trial provenances of the Scots pine in Serebryany Bor forestry) // Lesovedenie (For. Sci.). 2017. N. 3. P. 176–182 (in Russian with English abstract)].
- Наквасина Е. Н., Гвоздихина О. А. Оценка состояния и роста географических культур сосны и ели в Архангельской области // Проблемы лесоведения и лесоводства: мат-лы третьих Мелеховских чтений, посвящ. 100-летию со дня рождения И. С. Мелехова, 15–16 сент. 2005 г., Архангельск. Архангельск, 2005. С. 58–63 [Nakvasina E. N., Gvozdukhina O. A. Otsenka sostoyaniya i rosta geograficheskikh kultur sosny i eli v Arkhangelskoy oblasti (Assessment of condition and growth of provenance trials of pine and spruce in Arkhangelsk Region) // Problemy lesovedeniya i lesovodstva: mat-ly tretyikh Melekhovskikh chteniy, posvyashchennykh 100-letiyu so dnya rozhdeniya I. S. Melekhova, 15–16 Sent. 2005 g., Arkhangelsk (Problems of forest science and forestry. Proc. 3rd Melekhov reading, dedicated to centenary anniversary of I. S. Melekhov birthday, 15–16 Sept., 2005. Arkhangelsk, 2005. P. 58–63 (in Russian)].
- Наквасина Е. Н., Юдина О. А., Прожерина Н. А., Камалова И. И., Минин Н. С. Географические культуры в ген-экологических исследованиях на европейском Севере. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. 308 с. [Nakvasina E. N., Yudina O. A., Prozherina N. A., Kamalova I. I., Minin N. S. Geograficheskie kultury v gen-ekologicheskikh issledovaniyakh na evropeyskom Severe (Provenance trial in gen-ecological studies in the Eueropean North). Arkhangelsk: Arkhangelsk St. Tech. Univ., 2008. 308 p. (in Russian)].
- Новикова Т. Н. Сибирские климатипы сосны в географических культурах Западного Забайкалья: дифференциация по росту и цвету микростробиллов // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30. № 1–2. С. 140–144 [Novikova T. N. Sibirskie klimatipy sosny v geograficheskikh kulturakh Zapadnogo Zabaykalya: differentsiatsiya po rostu i tsvetu mikrostrombilov (Siberian climatypes of pine in the provenance trial of Western Zabaikalie: differentiation in growth and color of microstrombili) // Khvoynye boreal'noy zony (Coniferous of the Boreal Zone). 2012. V. 30. N. 1–2. P. 140–144 (in Russian with English abstract)].
- Обновленский В. М. Географическая изменчивость сосны обыкновенной и районирование переброек ее семян для облесительных работ // Сб. по лесоразведению. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950. С. 4–22 [Obnovlenskiy V. M. Geograficheskaya izmenchivost' sosny obyknovennoy i rayonirovanie perebrosok eye semyan dlya oblesitelnykh rabot (Geographical variability of Scots pine and zoning of its seed transfer for afforestation work) // Sb. po lesorazvedeniyu (Afforestation Digest). Moscow; Leningrad: Goslesbumizdat, 1950. P. 4–22 (in Russian)].
- Олексин Я., Гертых М., Редько Г. И. Новый взгляд на географические культуры сосны обыкновенной В. Д. Огиевского // ИВУЗ. Лесн. журн. 1986. № 6. С. 20–24 [Oleksyn Y., Giertyh M., Red'ko G. I. Novy vzglyad na geograficheskie kul'tury sosny obyknovennoy V. D. Ogiyevskogo (New sight on Scots pine provenance trials of V. D. Ogievskiy) // IVUZ. Lesn. zhurn. (For. J.). 1986. N. 6. P. 20–24 (in Russian with English abstract)].
- Писаренко А. И., Редько Г. И., Мерзленко М. Д. Искусственные леса. М.: ЮНИФИР, ВНИИЦлесресурс, 1992. Ч. 1. 307 с. Ч. 2. 237 с. [Pisarenko A. I., Red'ko G. I., Merzlenko M. D. Iskusstvennyye lesa. M.: YUNIFIR, VNIICLsresurs, 1992. Ch. 1. 307 s. Ch. 2. 237 s. (in Russian)].

- Merzlenko M. D.* Iskusstvennye lesa (Artificial forests). Moscow: YuNIFIR, VNIITSlesresurs, 1992. Pt. 1. 307 p. Pt. 2. 237 p. (in Russian)].
- Пихельгас Э. И.* Географические опытные культуры сосны обыкновенной в Эстонской ССР // Географические опыты в лесной селекции Прибалтики. Рига: Зинатне, 1982. С. 73–81 [*Pikhelgas E. I.* Geograficheskie opytnye kul'tury sosny obyknovennoy v Estonskoy SSR (Provenance trials of Scots pine in Estonian SSR) // Geograficheskie opyty v lesnoy seleksii Pribaltiki (Provenance tests in forest breeding of Baltics). Riga: Zinatne, 1982. P. 73–81 (in Russian)].
- Поджарова З. С.* Особенности роста и развития географических культур сосны обыкновенной в Белорусской ССР // Селекция, генетика и семеноводство древесных пород как основа создания высокопродуктивных лесов. Тез. докл. и сообщ. Всес. науч.-техн. совещ., 1–5 сент. 1980 г. Л.; М.: Госкомлесхоз, 1980. С. 262–265 [*Podzharova Z. S.* Osobennosti rosta i razvitiya geograficheskikh kultur sosny obyknovennoy v Belorusskoy SSR (Features of growth and development of scots pine provenance trials in Belorussian SSR) // Seleksiya, genetika i semenovodstvo drevesnykh porod kak osnova sozdaniya vysokoproduktivnykh lesov: tezisy dokladov i soobshcheny na Vsesoyuznom nauchno-tekhnicheskom soveshchanii, 1–5 sent., 1980 g., Leningrad (Selection, genetics and seed production of tree species as the basis for the creation of highly productive forests. Abst. Rep. and Iss. All-Union Sci.-Tech. Workshop, 1–5 Sept., 1980. Leningrad; Moscow: Goskomleskhoz, 1980. P. 262–265 (in Russian)].
- Правдин Л. Ф., Вакуров А. Д.* Рост сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) разного географического происхождения в подзоне хвойно-широколиственных лесов // Сложные боры хвойно-широколиственных лесов и пути ведения лесного хозяйства в лесопарковых условиях Подмосковья. М.: Наука, 1968. С. 160–195 [*Pravdin L. F., Vakurov A. D.* Rost sosny obyknovennoy (*Pinus silvestris* L.) raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya v podzone khvoyno-shirokolistvennykh lesov (The growth of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of different origin in subzone of broad-leaved forests) // Slozhnye bory khvoyno-shirokolistvennykh lesov i puti vedeniya lesnogo khozyaystva v lesoparkovykh usloviyakh Podmoskov'ya (Complicated coniferous and broad-leaved forests and ways of forestry treatments in forest park conditions of Podmoskov'e). Moscow: Nauka, 1968. P. 160–195 (in Russian)].
- Приказ Рослесхоза от 8 октября 2015 г. № 353 «Об установлении лесосеменного районирования» (с измен. на 28 марта 2016 г. № 100). М.: Фед. агентство лесн. хоз-ва, 2015. 42 с. [*Prikaz Rosleskhoza ot 8 oktyabrya 2015 g. № 353 «Ob ustanovlenii lesosemennogo rayonirovaniya» (s izmen. na 28 marta 2016 g. N. 100) (The order of the Federal Forestry Agency of 8 Oct., 2015. N. 353 «On the establishment of forest seed zoning» (as amended of 28 March, 2016. N. 100)). Moscow: Fed. agentstvo lesn. khoz-va (Fed. For. Agency), 2015. 42 p. (in Russian)].*
- Проказин А. Е., Куракин Б. Н.* К вопросу о лесосеменном районировании сосны обыкновенной в центральном районе зоны смешанных лесов // Селекция, генетика и семеноводство древесных пород как основа создания высокопродуктивных лесов. Тез. докл. и сообщ. Всес. науч.-техн. совещ., 1–5 сент. 1980 г. Л.; М.: Госкомлесхоз, 1980. С. 266–272 [*Prokazin A. E., Kurakin B. N.* K voprosu o lesoseennom rayonirovanii sosny obyknovennoy v tsentralnom rayone zony smeshannykh lesov (To the question about forest seed zoning of Scots pine in the central region of mixed forests zone) // Seleksiya, genetika i semenovodstvo drevesnykh porod kak osnova sozdaniya vysokoproduktivnykh lesov: tezisy dokladov i soobshcheny na Vsesoyuznom nauchno-tekhnicheskom soveshchanii, 1–5 sent., 1980 g., Leningrad (Selection, genetics and seed production of tree species as the basis for the creation of highly productive forests: Abst. Rep. and Iss. All-Union Sci.-Tech. Workshop, 1–5 Sept., 1980. Leningrad; Moscow: Goskomleskhoz, 1980. P. 266–272 (in Russian)].
- Санников С. Н., Петрова И. В., Санникова Н. С., Афонин А. Н., Чернодубов А. И., Егоров Е. В.* Генетико-климатолого-географические принципы семенного районирования сосновых лесов России // Сиб. лесн. журн. 2017. № 2. С. 19–30 [*Sannikov S. N., Petrova I. V., Sannikova N. S., Afonin A. N., Chernodubov A. I., Egorov E. V.* Genetiko-klimatologo-geograficheskie printsiipy semennogo rayonirovaniya sosnovykh lesov Rossii (Genetic-climatologic-geographical principles of seed zoning of pine forests in Russia) // Sib. lesn. zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2017. N. 2. P. 19–30 (in Russian with English abstract)].
- Тараканов В. В., Демиденко В. П., Ишутин Я. Н., Бушков Н. Т.* Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 2001. 229 с. [*Tarakanov V. V., Demidenko V. P., Ishutin Ya. N., Bushkov N. T.* Selektionnoe semenovodstvo sosny obyknovennoy v Sibiri (Breeding seed production of Scots pine in Siberia). Novosibirsk: Nauka. Sib. Br., 2001. 229 p. (in Russian)].
- Фомин Ф. И.* Опыт районирования семенного хозяйства обыкновенной сосны на основе изучения ее климатических экотипов // Иссл. по лесосеменному делу. Тр. ЦНИИЛХ. Л.: Гослестехиздат, 1940. С. 3–106 [*Fomin F. I.* Opyt rayonirovaniya semennogo khozyaystva obyknovennoy sosny na osnove izucheniya eye klimaticheskikh ekotipov (Experience of Scots pine seed zoning on the base of its climatic ecotypes study) // Issl. po lesosemennomu delu. Tr. TsNIILKh (Proc. Central Res. Inst. For.). Leningrad: Goslестехиздат, 1940. P. 3–106 (in Russian)].
- Черепнин В. Л.* Изменчивость семян сосны обыкновенной. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. 182 с. [*Cherepnin V. L.* Izmenchivost' semyan sosny obyknovennoy (Variability of Scots pine seeds). Novosibirsk: Nauka. Sib. Br., 1980. 182 p. (in Russian)].
- Черепнин В. Л., Иниаков Е. М., Шаталова О. С., Ястребова Н. А.* Географические культуры сосны обыкновенной в Красноярской лесостепи // Ботан. иссл. в Сибири. Вып. 15. Красноярск: Краснояр. отд. Рос. ботан. об-ва РАН, 2007. С. 81–83 [*Cherepnin V. L., Inshakov E. M., Shatalova O. S., Yastrebova N. A.* Geograficheskiye kul'tury sosny obyknovennoy v Krasnoyarskoy lesostepi (Provenance trial of Scots pine in Krasnoyarsk forest steppe) // Botan. issl. v Sibiri. Vyp. 15 (Bot. Stud. in Siberia. Iss. 15). Krasnoyarsk: Rus. Bot. Soc. Rus. Acad. Sci., Krasnoyarsk Br., 2007. P. 81–83 (in Russian)].

- Чернодубов А. И., Галдина Т. Е., Смогунова О. А. Географические культуры сосны обыкновенной на юге Русской равнины. Воронеж: Воронеж. гос. лесотех. акад., 2005. 128 с. [Chernodubov A. I., Galdina T. E., Smogunova O. A. Geograficheskie kul'tury sosny obyknovennoy na yuge Russkoy ravniny (Scots pine provenance trial in the south of Russian plane). Voronezh: Voronezh St. Acad. For. Engineer., 2005. 128 p. (in Russian)].
- Экарт А. К., Ларионова А. Я., Зацепина К. Г., Кравченко А. Н., Жамъянсүрэн С., Тихонова И. В., Тараканов В. В. Генетическое разнообразие и дифференциация популяций сосны обыкновенной в Южной Сибири и Монголии // Сиб. экол. журн. 2014. Т. 21. № 1. С. 69–78 [Ekart A. K., Larionova A. Y., Kravchenko A. N., Tikhonova I. V., Zatsepina K. G., Tarakanov V. V., Zhamyansuren S. Geneticheskoye raznoobrazie i differentsiatsiya populyatsiy sosny obyknovennoy v Yuzhnoy Sibiri i Mongolii (Genetic diversity and differentiation of populations of Scots pine in Southern Siberia and Mongolia) // Sib. ecol. zhurn. (Sib. J. Ecol.). 2014. V. 21. N. 1. P. 69–78 (in Russian with English abstract)].
- Andersson B., Elfving B., Persson T., Ericsson T., Kroon J. Characteristics and development of improved *Pinus sylvestris* in northern Sweden // Can. J. For. Res. 2007. V. 37. N. 1. P. 84–92.
- Berlin M., Persson T., Jansson G., Haapanen M., Ruotsalainen S., Barring L., Andersson Gull B. Scots pine transfer effect models for growth and survival in Sweden and Finland // Silva Fenn. 2016. V. 50. N. 3. P. 1–21.
- Cunningham R. A., Haverbeke D. F. van. Twenty-two year results of a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenance test in North Dakota // Res. Paper RM-298. Fort Collins, Colorado, USDA For. Serv., Rocky Mountain For. Range Exp. St., 1991. 9 p.
- Ekart A. K., Larionova A. Y., Kravchenko A. N., Tikhonova I. V., Zatsepina K. G., Tarakanov V. V., Zhamyansuren S. Genetic diversity and differentiation of populations of Scots pine in Southern Siberia and Mongolia // Contemp. Probl. Ecol. 2014. V. 7. N. 1. P. 52–59 (Original Rus. text © A. K. Ekart, A. Y. Larionova, A. N. Kravchenko, I. V. Tikhonova, K. G. Zatsepina, V. V. Tarakanov, S. Zhamyansuren, 2014, publ. in Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. 2014. V. 21. N. 1. P. 69–78).
- Eriksson G. A., Ekberg I., Clapham D. Genetics applied to forestry. An introduction. Third ed. Uppsala: SLU, 2013. 208 p.
- Giertych M. Summary of results on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) height in IUFRO provenance experiments // Silvae Genet. 1979. V. 28. Iss. 4. P. 136–152.
- Manninen A. M., Tarhanen S., Vuorinen M., Kainulainen P. Comparing the variation of needle and wood terpenoids in Scots pine provenances // J. Chem. Ecol. 2002. V. 28. N. 1. P. 211–228.
- Matyas C., Yeatman C. W. Effect of geographical transfer on growth and survival of Jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) populations // Silvae Genet. 1992. V. 41. Iss. 6. P. 370–376.
- Morgenstern E. K. Geographic variation in forest trees. Genetic basis and application of knowledge in silviculture. Vancouver: UBC Press, 1996. 209 p.
- Persson B. Effects of provenance transfer on survival in nine experimental series with *Pinus sylvestris* (L.) in Northern Sweden // Scand. J. For. Res. 1994. V. 9. Iss. 3. P. 275–287.
- Rehfeldt G. E., Tchebakova N. M., Parfenova E. I., Wykoff W. R., Kuzmina N. A., Milyutin L. I. Intraspecific responses to climate in *Pinus sylvestris* // Glob. Change Biol. 2002. V. 8. Iss. 9. P. 912–929.
- Shutyaev A. M., Giertych M. Height growth variation in a comprehensive Eurasian provenance experiment of (*Pinus sylvestris* L.) // Silvae Genet. 1998. V. 46. Iss. 6. P. 332–349.
- Taeger S., Zang C., Liesebach M., Schneck V., Menzel A. Impact of climate and drought events on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenances // For. Ecol. Manag. 2013. V. 307. P. 30–42.

FOREST SEED REGIONS OF SCOTS PINE BASED ON GROWTH ASSESSEMENT IN THE PROVENANCE TRIAL IN SIBERIA

S. R. Kuzmin^{1,2}, N. A. Kuzmina¹

¹ V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Science, Siberian Branch
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

² Siberian Federal University
Prospekt Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660041 Russian Federation

E-mail: skr_7@mail.ru, kuz@ksc.krasn.ru

The purpose of the work is definition of Scots pine *Pinus sylvestris* L. seed transfer range in Siberia on the basis of growth success of 40 year-old provenance trial established in Boguchany forestry of Krasnoyarsk region. In the provenance trial 83 climatic ecotypes are studied in different growth conditions. More than 40 % of climatic ecotypes originally are from Siberia. Long-term observations of complex of traits (survival, height and diameter growth, stock of timber, plant pathology conditions and form of tree trunk) in the provenance trial allowed making analysis of rank stability of climatic ecotypes. Analysis of climatype stability in selection indexes was conducted in different ecological and climatic conditions. Perspective climatotypes within each experimental plot were revealed and differences between plots were shown. Average index of complex of traits was obtained. This index is a final assessment of growth success at the present age and the basis of comparative analysis of similarity and difference of climatotypes. Recommendations of seed transfer and highlight of forest regions were suggested on the basis of comparative analysis. Seed transfer in latitudinal and longitudinal directions are recommended in definite limits, direction of world's sides must be taken into account during creation of forest plantations. Five forest regions are recommended for practical usage within definition of forest seed zoning of Scots pine and for forest stations involved in growing of forest plantations on the territories of Krasnoyarsk region, Khakasia, Tuva and Irkutsk region instead of eleven active in present time, their borders are presented in the map in present paper.

Keywords: forest seed zoning, *Pinus sylvestris* L., climatic ecotype, tree mean height, growth success.

How to cite: Kuzmin S. R., Kuzmina N. A. Forest seed regions of Scots pine based on growth assessment in the provenance trial in Siberia // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2020. N. 6. P. 3–15 (in Russian with English abstract and references).