

## Глава 6. ЛЕСНАЯ СЕЛЕКЦИЯ В РОССИИ: ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПРИОРИТЕТЫ

Вопросам лесного семеноводства и селекции уделяли внимание ещё в период становления лесоводства в XVIII–XIX вв. [Ромедер, Шенбах, 1962; Молотков и др., 1982; Царев и др., 2001]. Большое значение при этом имело доказательство наследственно обусловленных различий между географически удалёнными популяциями, а также наличие морфологически отличающихся форм внутри популяций некоторых видов. Селекция растений как наука получила теоретическое обоснование после переоткрытия в 1900 г. законов Г. Менделя. Селекция основных лесобразующих пород, которые в силу их больших размеров и позднего вступления в семеношение неудобны для селекционно-генетических манипуляций, начала активно развиваться позднее. Лесная генетика и селекция как комплекс научных дисциплин начинают формироваться в конце XIX – начале XX в., когда в России и странах Европы стали проводить обширные опыты по селекции лесных древесных пород, связанные, главным образом, с изучением и использованием разных типов географической изменчивости. В 1936 г. на II Всемирном съезде лесоводов С. Ларсен сделал доклад о клоновых семенных плантациях главных лесобразующих пород. В тот же период шведским селекционером Б. Линдквистом [Lindquist, 1954, 1958] были введены в употребление понятия «плюсовые», «нормальные» и «минусовые» деревья. Масштабные работы в области лесной селекции развернулись сразу после Второй мировой войны.

В России импульс в развитие лесной селекции и семеноводства внесли А.Т. Болотов, М.М. Орлов, М.К. Турский, С.З. Курдиани, Г.Ф. Морозов и другие исследователи [Правдин, 1957]. В советский период их идеи получили дальнейшее развитие в трудах Н.П. Кобранова [1925], В.Н. Сукачёва [1933, 1934], А.С. Яблокова [1962], А.В. Альбенского [1959], С.С. Пятницкого [1954], М.М. Вересина [1946, 1963, 1985], Е.П. Проказина [1959, 1962], Л.Ф. Правдина [1964; Правдин, Яркин, 1978], Е.Г. Мининой [1965; Минина, Ларионова, 1979], Т.П. Некрасовой [1960, 1964, 1972, 1981], А.И. Ирошникова [1967, 1970, 1977], Л.И. Милютина [1974, 2019] и других выдающихся исследователей и их учеников.

Для нашей страны решающую роль сыграло создание ВНПО «Союзлесселекция», Центрального НИИ лесной генетики и селекции

(ЦНИИЛГиС)<sup>103</sup> и его региональных лабораторий [Молотков и др., 1982; Корчагин и др., 2020]. С начала 1970-х гг. до начала 1990-х гг. на огромной территории страны в процесс селекции были вовлечены все важнейшие лесообразующие породы, отобраны десятки тысяч плюсовых деревьев (ПД) и созданы их потомками значительные площади испытательных культур (ИК), архивов клонов, лесосеменных плантаций (ЛСП), заложены географические культуры и другие генетико-селекционные объекты [Тараканов и др., 2001; Царев и др., 2001]. В последующие 20–25 лет, вследствие распада СССР, работы по лесной селекции в государственном масштабе были в значительной мере приостановлены.

С 2007 г., после реформы лесного хозяйства России, началось постепенное возрождение лесного селекционного семеноводства, в котором большую роль сыграла передача лесосеменных станций и координирующих функций по лесному семеноводству Рослесозащите [Кобельков, 2008]. Цель настоящей главы – кратко обобщить состояние этой сложной наукоёмкой отрасли лесного хозяйства России и наметить перспективы её дальнейшего развития. Более подробные данные с анализом по регионам и лесным породам России планируется изложить во 2-й книге монографии (2025).

Необходимо отметить, что в России и мире наблюдался и остается дефицит знаний в области лесной генетики количественных и качественных признаков, поскольку биологические особенности древесных видов длительное время затрудняли их получение с использованием методов классического генетического анализа. Последнее в значительной мере затормозило развитие лесной селекции и привело к свертыванию полномасштабных селекционных программ в ряде стран Европы после своеобразного «подъема» лесной селекции в 1960–1990 гг. Однако появление новых климатических вызовов, а также успешное развитие методов молекулярно-генетического анализа и технологий клонального микроразмножения способствовали возобновлению интереса к лесной генетике и селекции [Râques, 2013].

Главной целью лесной селекции является повышение продуктивности и качества насаждений, в связи с чем она неразрывно связана с лесным семеноводством, лесовосстановлением, лесосеменным районированием, интродукцией хозяйственно ценных экзотов, а также с сохранением генофондов лесообразующих видов. В связи с необходимостью в семенах для лесовосстановления, с одной стороны, встают

---

<sup>103</sup> ЦНИИЛГиС в настоящее время переименован в ФГБУ ВНИИЛГИСбиотех.

вопросы о возможности их перемещения и селекционного улучшения. С другой стороны, при реализации селекционных программ сохраняется часть генофонда, ценного для селекции на хозяйственно полезные признаки, а также снижается эксплуатация естественных лесов, что способствует сохранению генофондов и биоразнообразия лесов в целом.

## 6.1. Целевые породы и направления лесной селекции

С учётом огромной экологической и хозяйственной значимости преобладающих в России хвойных (сосны, лиственницы, ели, кедр, пихты), твердолиственных (дуба, ясеня, бука, клёна) и мягколиственных (берёзы, осины, тополя, ольхи, липы) лесообразующих пород именно они были преимущественно вовлечены в процесс селекции. При этом первоочередное внимание было обращено на повышение быстроты роста и продуктивности. Следующее по значимости направление селекции (целевой признак) – семенная продуктивность. Необходимость улучшения данного показателя обусловлена тем, что большинство перечисленных пород размножается семенным путём, а также пищевой ценностью семян/орешек отдельных пород (например, кедровых сосен). Третье важнейшее направление – качество древесины, под которой чаще всего подразумевается её плотность, прочность и отсутствие дефектов, а для некоторых видов – декоративность (например, для берёзы карельской).

Кроме перечисленных направлений, селекция основных лесообразующих пород осуществляется на устойчивость к неблагоприятным факторам (например, к засолению почв, засухе и т.п.), вредителям и болезням, на смолопродуктивность (кедр, сосна, лиственница), содержание тех или иных химических компонентов (например, таннидов у ивы), нектаропродуктивность (липа), декоративность.

Конкретные примеры целевых признаков для разных видов древесных растений приведены в обзоре [Тараканов и др., 2021], а также будут рассмотрены в следующих разделах, посвящённых частной селекции различных пород.

## 6.2. Методы лесной селекции

В своей основе лесная селекция использует базовые закономерности естественного отбора и имитирует его. Однако есть существенные отличия по ряду позиций: интенсивная селекция лесных древесных видов ведётся в отношении наиболее экономически важных видов

(пород); искусственный отбор всегда имеет чёткое направление и осуществляется по ограниченному числу хозяйственно важных признаков и адаптивных характеристик; по сравнению с природной эволюцией её искусственный аналог работает быстрее.

Основным методом селекции является искусственный отбор, который эффективен лишь при наличии наследственной изменчивости [Иогансен, 1935]. В этом плане имеются очень хорошие предпосылки для успешной селекции лесообразующих видов дендрофлоры России, которые существуют в виде генетически гетерогенных диких популяций. Однако, в связи с большими размерами деревьев и поздним вступлением в генеративный возраст, даже обычное испытание по потомству выдающихся деревьев, не говоря уже о контролируемых скрещиваниях, представляет значительную проблему. По этой причине наибольшие успехи селекционеров достигнуты на быстрорастущих и легкоразмножаемых вегетативно видах ивы и тополя [Сукачев, 1934; Яблоков, 1962; Старова, 1980; Царев, 1985; Бакулин, 1990; Царев и др., 2019]. Благодаря разработанным приёмам скрещиваний на срезанных побегах и полиплоидизации одним из основных методов получения сортов-клонов этих видов стала межвидовая гибридизация с последующим отбором выдающихся экземпляров и их вегетативным размножением стеблевыми (зимними) черенками. В естественных популяциях местных видов тополя большое значение имеет отбор, в том числе спонтанных межвидовых гибридов, с их последующим испытанием по вегетативным потомствам [Климов, Прошкин, 2017, 2021].

Значительно сложнее обстоят дела с видами, которые в природе размножаются только семенами. Первые успехи в селекции хвойных лесообразующих видов были достигнуты при испытаниях потомств географически удалённых популяций/климатипов. Отбор лучших популяций считается наиболее старым и надёжным методом, он относится к «групповому» отбору [Ромедер, Шёнбах, 1962]. Теоретически отбор популяций возможен и внутри одноимённых климатипов, например, в пределах лесосеменных районов [Лесосеменное., 1982]. Такой отбор предложено называть «популяционным» [Семериков и др., 1998].

Схема популяционной селекции в Российской Федерации предусматривает 3 этапа: 1) отбор плюсовых насаждений и закладку на их основе «популяционных» постоянных лесосеменных участков (ПЛСУ); 2) испытание плюсовых насаждений по потомствам и отбор среди них элитных, разграничение заложенных ПЛСУ на плюсовые и элитные;

3) дальнейшую селекцию на базе элитных насаждений и ПЛСУ. Данный подход имеет преимущество, поскольку позволяет сохранять высокий уровень полиморфизма и задействовать эволюционно сложившиеся механизмы генетического гомеостаза [Семериков и др., 1998]. Принципиально важно, что успешность отбора лучших популяций по их потомствам не зависит от соотношения аддитивных и неаддитивных компонентов генетической дисперсии внутри популяций. Выделенные по результатам испытаний элитные популяции и созданные на их основе ПЛСУ могут сразу использоваться как семенные заказники для производства сортовых семян, что сокращает время на выведение «сорта». Сотрудники ВНИИЛГИСбиотех отмечают, что «... наиболее важная часть первого этапа – репродукция плюсовых насаждений – была повсеместно пропущена. Новый сценарий развития семеноводства предполагает концентрацию усилий именно на этой части...» [Корчагин и др., 2020].

В настоящее время в России для большинства хвойных пород преимущественно используют массовый отбор по фенотипу ПД (так называемая «плюсовая» селекция в узком смысле этого термина) в сочетании с их индивидуальным отбором по потомству, получаемому из семян от свободного опыления в естественных насаждениях. Последнее обстоятельство «сглаживает» генетические различия как между контролем и опытом [Федорков, 2019], так и между семьями в ИК. Этому может способствовать также низкая доля аддитивной дисперсии по селективируемым признакам [Молотков и др., 1982; Пути..., 1985; Тараканов и др., 2001; Видякин, 2010]. В сочетании с низким качеством отбора ПД это приводит некоторых авторов к выводу о принципиально низкой эффективности массового отбора [Туркин, 2007; Горошкевич, 2008; Видякин, 2010; Корчагин и др., 2020].

Что касается качества массового отбора ПД, то потенциально важными факторами его снижения являются: экологическая гетерогенность среды обитания; возрастная изменчивость; рубки «на прииск» (начинающиеся с проходных рубок) [Тараканов и др., 2021]. Влияние этих факторов должно быть минимизировано, в частности, за счёт снижения возраста отбора ПД (до начала проходных рубок), инструментальной оценки возраста и применения принципа идентификации генотипов по фенотипам без смены поколений [Драгавцев, Дьяков, 1982]. В последнем случае необходимо учитывать различия в уровне экологической изменчивости между основными таксационными показателями, используемыми при отборе, – более лабильным диаметром

и менее лабильной высотой ствола. Также информативным может оказаться ретроспективный анализ динамики роста деревьев на фоне изменений погодных условий [Драгавцев, 1974; Тихонова и др., 2015].

В отличие от сельскохозяйственных видов растений, массовый и индивидуальный виды отбора лесобразующих древесных растений имеют свои особенности. По своей сути отбор ПД по фенотипу относится к массовому отбору, однако в лесной селекции он осуществляется не на выровненном экологическом фоне, а в экологически гетерогенной естественной среде обитания, что снижает его эффективность. Индивидуальный отбор, основанный на испытаниях выдающихся особей по потомству, отличается в применении к древесным растениям тем, что после идентификации лучших семей лесной селекционер может отобрать в них для создания новой популяции и дальнейшей селекции не только лучшие деревья  $F_1$ , но и сами родительские ПД, которые после подтверждения их выдающихся качеств в потомстве становятся элитными. Такой возврат к лучшему родителю повышает надёжность прогноза генетического сдвига, который оценивается по росту его потомства в ИК относительно контроля. В то же время дальнейшая селекция возможна и на основе лучших деревьев в лучших семьях. При низких межсемейных различиях в ИК значительная часть генетической дисперсии сосредотачивается внутри семей, что способствует проведению внутрисемейного отбора, по результатам которого возможно создание ЛСП-2 [Федорков, 2021]. В этой связи определённый потенциал для отбора представляют как ИК, так и семейственные ЛСП-1, а также улучшенные ПЛСУ, созданные смесью полусибсов ПД [Федорков, 2013; Рогозин, 2018]. Эффективность внутрисемейного и массового отбора на этих объектах, приближенных по густоте к плантационным культурам, возрастает благодаря отсутствию различий по возрасту и выровненности экологических условий. Этот метод пока не получил широкого распространения в России.

Значительное сдерживающее влияние на развитие отечественной лесной селекции оказало преувеличение значимости проблемы ранней диагностики лучших деревьев [Молотков и др., 1982; Указания..., 2000]. В настоящее время многие исследователи отмечают, что качество диагностики «деревьев будущего» не столь существенно повышается с возрастом, особенно если ориентироваться на ускоренное выращивание древесины [Маслаков, 1984; Рогозин, 2018; Жигунов, Бондаренко, 2018; Раевский и др., 2020, 2022]. При более раннем отборе некоторое снижение точности идентификации лучших генотипов компенсируется

выигрышем во времени. Шведские селекционеры считают, что отбор ПД возможен с 20–40 лет [Федорков, 2019]. В практических целях при отборе на интенсивность роста вполне приемлемо проводить отбор ПД в III классе возраста (до начала проходных рубок), а отбор потомств, по крайней мере, с периода кульминации прироста культур по высоте и начала семеношения, который в лучших лесорастительных условиях начинается в конце I класса возраста [Тараканов и др., 2019а]. Возможно, что дальнейший прогресс в решении этой задачи может быть получен при использовании селекционного фитотрона, что позволит тестировать норму реакции генотипов в широком спектре условий [Драгавцев, 2018]. Сравнивая результаты «фитотронного» опыта с данными, полученными в ИК и архивах клонов ПД, можно выявить диагностически ценные для ранней (ювенильной) оценки особенности нормы реакции генотипов/семей. Дискуссионным является вопрос о минимальном размере семей и числе повторностей в ИК [Райт, 1978; Основные положения..., 1982; Туркин, Федорков, 2007; Бондаренко, Жигунов, 2016а; Рогозин, 2018]; он будет рассмотрен далее в разделе 6.5.

Теоретически у перекрёстноопыляемых хвойных пород перспективен также отбор на гетерозис [Пути..., 1985; Иевлев, Исаков, 1988]. Наиболее впечатляющий результат получен при скрещивании видов лиственниц [Ненюхин и др., 1983; Пути..., 1985]. Для сосны обыкновенной, у которой гибридизация с другими видами рода *Pinus* проблематична, возможен отбор на внутри- и межпопуляционный гетерозис [Молотков и др., 1982; Иевлев, Исаков, 1988]. С этой целью Ю.Н. Исаковым предложено использовать для гибридизации самофертильные генотипы, которые хотя и достаточно редко, но встречаются практически у всех древесных перекрёстноопыляемых видов и являются в некотором смысле аналогами инбредных линий кукурузы, успешно применяемых для гетерозисной селекции [Исаков, 1999]. Теоретически у древесных возможно выявление «компенсационных комплексов генов», которые, по теории В.А. Струнникова, могут обуславливать явление гетерозиса [Струнников, 1974; Тараканова и др., 2003; Тараканов, 2004]. Эти методы лесной селекции пока находятся в стадии разработки.

Кратко опишем реализуемую в России в производственных масштабах с начала 1970-х гг. принципиальную схему лесного селекционного семеноводства, которое осуществляется с учётом естественно-исторического районирования территории, нашедшего интегральное воплощение в лесосеменном районировании лесообразующих пород [Лесосеменное..., 1982]. При этом мероприятиями по

лесному семеноводству были охвачены преимущественно главные лесообразующие породы в наиболее благоприятных для их произрастания эдафоклиматических условиях хвойно-широколиственных лесов, южной тайги, лесостепи и предгорий. Массовый отбор ПД осуществляется в предварительно выделяемых лучших по продуктивности и состоянию плюсовых насаждениях. Затем с использованием семенных и вегетативных потомств ПД создают селекционно-семеноводческие объекты плантационного типа: испытательные полусибсовы культуры и архивы клонов для генетической оценки ПД и дальнейшей селекции, лесосеменные плантации вегетативного и семенного происхождения для производства семян улучшенной категории, а также маточные клоновые плантации для заготовки черенков. В настоящее время во многих регионах России наметился переход от описанного выше первого этапа селекции к следующим этапам – выделению лучших по росту потомств ПД и созданию на их основе ЛСП повышенной генетической ценности (ЛСП<sub>птц</sub>, или ЛСП-1,5) и ЛСП второго порядка (ЛСП-2) [Царев, Лаур, 2013]. Различия между ними определяются возрастом ИК, в котором происходит выделение лучших ПД: во II классе возраста осуществляется предварительная оценка с выделением предэлиты для создания ЛСП<sub>птц</sub>, а в конце III класса возраста – выделение элиты для создания ЛСП-2 (рис. 6.1).

Геномика, полногеномное секвенирование, референсные геномы и геномная селекция имеют значительный потенциал для повышения эффективности селекции древесных видов и устойчивого развития лесных ресурсов. Геномика изучает весь генетический материал организмов, включая структуру, функцию и эволюцию геномов и позволяет идентифицировать гены, связанные с важными адаптивными и селекционными признаками, такими как рост, устойчивость к болезням и климатическим стрессам. Для проведения этих исследований, прежде всего, необходимо полногеномное секвенирование (WGS) приоритетных древесных видов и получение референсных геномов. В России такую работу проводит единственная в стране лаборатория лесной геномики Сибирского федерального университета, где впервые был полностью просеквенирован, собран и проаннотирован ядерный геном важнейшего вида бореальных лесов – лиственницы сибирской [Kuzmin et al., 2019; Bondar et al., 2022a,b]. Кроме того, были полностью просеквенированы, собраны и проаннотированы оба оргanelльных генома этого вида – хлоропластный [Bondar et al., 2019] и митохондриальный [Putintseva et al., 2020]. Такие полногеномные данные позволяют





**Рис. 6.1.** Основная схема лесной селекции и семеноводства в России (ПЛУС – постоянный лесосеменной участок; ЛСП – лесосеменная плантация, соответственно 1-, 1,5- и 2-го порядков)

наиболее эффективно проводить поиск генетической изменчивости, ассоциированной с изменчивостью адаптивных признаков, и выделять маркёры, которые связаны с желаемыми селекционными признаками и могут быть потенциально использованы для селекции. Например, такие исследования проведены для лиственницы сибирской: выявлен ряд маркёров, ассоциированных с адаптивными признаками [Novikova et al., 2023a,b; Новикова и др., 2023].

Полногеномные данные помогли также идентифицировать высокополиморфные генетические маркёры, такие как микросателлитные локусы, например у лиственницы [Орешкова и др., 2017б, 2019], кедра [Белоконь и др., 2016] и пихты [Oreshkova et al., 2023], которые можно использовать в селекционной работе и других программах [Krutovsky et al., 2019].

Очень важное направление в современной селекции – геномная селекция (GS), которая использует полногеномную информацию о генетических маркёрах по всему геному с целью прогнозирования селекционной ценности и отбора лучших деревьев и клонов для лесных плантаций и лесовосстановления с нужными признаками [Lebedev et al., 2020]. Геномная селекция особенно перспективна для древесных видов с поздним созреванием, позволяя сократить селекционные циклы в несколько раз, например, с 15–20 лет для одного поколения

хвойных до 4–5 лет. Таким образом, геномная селекция значительно сокращает время, необходимое для выведения новых сортов деревьев с улучшенными характеристиками, в том числе с повышенной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам, таким как болезни и изменение климата.

В России также очень активно развивается новое междисциплинарное направление исследований – дендрогеномика, которая интегрирует данные дендрохронологии, дендроэкологии, дендроклиматологии и геномики и позволяет более эффективно изучать адаптивную генетическую изменчивость и выявлять важные генотипы для использования в селекции [Крутовский, 2022; Novikova et al., 2023a].

Региональные особенности созданных объектов и отклонения от общей схемы лесной селекции, применение новейших методов молекулярной генетики и биотехнологии, а также проблема уточнения лесосеменного районирования рассмотрены далее.

### **6.3. Лесосеменное районирование и актуальность его уточнения**

Исторически лесные генетические ресурсы достаточно часто переносили на значительные расстояния и использовали для различных целей в пределах и за пределами естественных ареалов видов [Koskela et al., 2014]. В связи с необходимостью сохранения устойчивости и продуктивности искусственных насаждений при перемещении семян от места их заготовки на огромных ареалах древесных видов России возникла проблема лесосеменного районирования страны. При понимании пространственной популяционной структуры вида она идеально решается посредством приравнивания границ лесосеменных районов к границам соответствующих популяций, внутри которых перемещение семян гарантирует сохранение устойчивости конкретных насаждений и популяционной структуры вида в целом. Данный вывод естественным образом следует из популяционного подхода к лесоводству [Правдин, 1969, 1974, 1978; Семерилов, 1986; Мамаев и др., 1988]. Однако знания о популяционной структуре главных лесообразующих видов, имеющих в России огромные ареалы, до сих пор весьма фрагментарны. На момент разработки первого лесосеменного районирования (1982) они в значительной мере отсутствовали. Эта задача была решена в основном посредством использования комплекса данных о природном районировании территории в пределах ареалов видов, исходя из имеющихся представлений

о популяции, как «естественно-исторической структуре» [Тимофеев-Ресовский и др., 1973; Глотов, 1975]. Такой подход подразумевает определяющее влияние на генетическую структуру популяций их естественной истории и эколого-географических особенностей местообитания: «Под лесосеменным районированием понимается разделение территории СССР на части, относительно однородные по природным факторам, обусловившим формирование в процессе эволюции популяций определённого генотипического состава...» [Лесосеменное..., 1982].

При подготовке лесосеменного районирования был проанализирован огромный пласт данных по изучению видов-эдификаторов лесных сообществ, в том числе: внутривидовая изменчивость, особенности роста потомств географически удалённых популяций в географических культурах, история расселения видов в межледниковые периоды, численность популяции в разных частях ареала, наличие «изоляция барьеров», границы ареалов эдификаторных видов в пределах ареалов лесообразующих пород, циклы плодоношения и качество семян, а также данные о физико-географическом, агроклиматическом, почвенном, геоботаническом, геоморфологическом, лесорастительном и лесохозяйственном районировании и, конечно же, все имеющиеся в то время рекомендации по переброске семян и лесосеменному районированию. В таблицах по лесоводственной характеристике районов использовано около 10 показателей: доля лесопокрытой площади, преобладающие типы леса, средний класс бонитета, периодичность и средний балл плодоношения и др., в примечаниях указаны внутривидовые систематические особенности, характеристика почв и рельефа и др. В таблицах по климатической характеристике районов использованы 7 показателей: средняя продолжительность вегетационного периода, среднегодовая температура воздуха, сумма температур выше 5 °С, годовое количество осадков, гидротермический коэффициент, средняя температура воздуха в вегетационный период, континентальность климата. При разработке лесосеменного районирования было проанализировано 70 источников, среди которых преобладали справочники. В работе принимали участие 22 исследователя из различных научных учреждений. В итоге на территории РСФСР (ныне Российская Федерация) районирование было осуществлено для всех основных лесообразующих пород. Например, по сосне обыкновенной было выделено 172 лесосеменных района вместе с подрайонами. По нашим расчётам, с учётом общей площади сосновых лесов около 110 млн га средняя площадь одного района/подрайона составила около 0,6 млн га.

Предполагалось, что лесосеменное районирование будет уточняться по мере получения информации об особенностях популяционной структуры видов. При этом большие надежды возлагались на изучение географических культур (ГК) последней наиболее крупной серии 1972 г. [Изучение..., 1972]. Предложения по корректировке районирования на основе данных об исследовании этих объектов продолжают непрерывно поступать [Шутяев, 2007; Демина и др., 2012, 2013; Новикова, 2017; Кузьмин, Кузьмина, 2020а,б и др.] (см. также разделы 6.5 и 7.3). Не вызывает сомнений, что анализ особенностей дифференциации происхождений в зависимости от физико-географических условий среды их обитания позволит выявить обобщённые закономерности такого рода. На их основе теоретически возможен прогноз пространственной динамики наследственно обусловленных таксационных показателей древостоев, но не идентификация пространственных границ между разными популяциями в понимании популяционных биологов [Тимофеев-Ресовский и др., 1973]. Это обусловлено тем, что расстояния между родительскими насаждениями, использованными для сбора семян в программе закладки ГК, как это выяснилось в ходе некоторых более поздних экспериментов [Семериков, 1986; Видякин, 2004, 2010, 2014], оказались намного больше размеров (протяжённости) ареалов популяций. При этом даже совпадение таксационных параметров потомств климатипов в ИК ещё не является доказательством их генетического сходства (принадлежности к одной популяции с общим генофондом). Это подтверждается, например, наличием морфологически идентичных, но репродуктивно изолированных «видов-двойников» [Левонтин, 1978]. Также очень вероятно, что в связи с отсутствием рубок ухода в ГК различия между наиболее адаптивными (в силу этого более загущенными) и менее адаптивными (менее загущенными) происхождениями по высоте и запасу древесины по мере развития насаждений и обострения конкуренции сглаживаются [Погребняк, 1968; Рогозин, Разин, 2015]. Это может приводить к необоснованным выводам о близости некоторых географически удалённых происхождений и о необходимости расширения границ соответствующих лесосеменных районов [Шутяев, 2007; Кузьмин, Кузьмина, 2020а].

В 1980–1990-х гг. появилось много работ по оценке изменчивости популяций лесобразующих видов с применением изоферментных, а в настоящее время и ДНК-маркёров (см. главу 3). К сожалению, изменчивость этих маркёров в большинстве случаев селективно нейтральна, и они более пригодны для изучения истории расселения видов и дрейфа генов, но не для оценки влияния отбора (экологических особенностей

местообитания) на генетическую структуру популяций. Попытки решить проблему с применением селективно нейтральных генетических маркёров обуславливают заведомо «укрупнённый» размер популяций (например, [Санников и др., 2017]). Однако следует отметить, что в последнее время проводятся исследования популяционной структуры с использованием функциональных [Крутовский, 2006] и полногеномных маркёров [Новикова и др., 2023; Novikova et al., 2023a,b] и так называемых генов-кандидатов и маркёров, чья изменчивость находится под влиянием отбора [Krutovsky, Neale, 2005; Eckert et al., 2009; Cuervo-Alarcon et al., 2021].

Перечисленные выше и подобные им данные (в особенности по ГК) были приняты в расчёт сотрудниками отраслевых институтов Рослесхоза при разработке нового лесосеменного районирования, которое было утверждено в конце 2015 г. и незначительно изменено впоследствии [Приказ... № 353, 2015; Приказ... № 1032, 2022]. В основу нового районирования было положено деление ареалов лесообразующих пород (видов) на участки-«климатопы», исходя из значений «биотемпературы» и «коэффициента увлажнения» [Александров, Проказин, 2018]. Не вдаваясь в подробности расчёта этих показателей, отметим, что такое районирование, по сути, является сугубо климатическим. Оно исходит из возможности переброски семян внутри ареалов климатипов (групп популяций), практически игнорируя все остальные эколого-географические особенности территории и данные о степени межпопуляционной генетической дифференциации видов. Принимая во внимание количество учтённых факторов, по сравнению с районированием 1982 г., новое районирование является упрощённым. Поэтому не удивительно, что в новой схеме районирования число районов значительно уменьшено. Например, по сосне обыкновенной оставлено 25 районов вместо 142 согласно районированию 1982 г., т.е. средняя площадь одного района увеличилась почти в 6 раз.

На этот, с нашей точки зрения, недостаточно обоснованный документ в открытой научной печати появилось уже несколько критических отзывов [Никитенко, 2016; Янбаев и др., 2017; Николаева и др., 2019; Тараканов и др., 2019б; Федорков, 2020]. Как и следовало ожидать, критикуется в основном укрупнение районов. Необоснованность объединения различных популяций в один лесосеменной район подтверждается и новыми данными с применением молекулярных маркёров. Например, при изучении популяционной структуры дуба черешчатого с применением ISSR-маркёров выявлена существенная дифференциация

между насаждениями западного макросклона южной части Урала, с одной стороны, и насаждениями Белебеевской возвышенности, с другой [Янбаев, 2017]. Это согласуется с более ранними исследованиями по изменчивости листовой пластинки в этих же популяциях [Путенихин, 2014], но определённо не соответствует новому районированию 2015 г. В другой работе на основе результатов изучения дубрав с применением SNP-маркёров поставлен вопрос о корректировке границ лесосеменных районов этой породы в Самарской обл. [Деген и др., 2020].

В то же время проведены исследования, подтверждающие существование нескольких популяций внутри некоторых лесосеменных районов версии 1982 г. Это свидетельствует о том, что в отдельных случаях возникает необходимость их разделения, а не слияния. Например, в монографии по изменчивости дубов Л.Ф. Семериков сообщает, что размер популяции у исследованных им видов предположительно соответствует размеру урочища в понимании ландшафтоведов или лесного массива, площадь которого у дуба может достигать «нескольких тысяч гектаров» [Семериков, 1986]. Однако понятие «лесной массив» четко не определено [Седых, 2009]. Например, по мнению Р.А. Зиганшина [2014]: «Лесной массив – это большая территориально единая совокупность лесонасаждений и не покрытых лесом площадей в пределах одного географического ландшафта или его части...» Если считать площадь лесного массива за максимально возможную площадь ареала популяции, то исходя из этой работы и монографии А.Н. Громцева [2008] она составит в таёжных лесах приблизительно от 10 до 180 тыс. га. Если принять её в среднем равной около 100 тыс. га и исходить из средней площади одного лесосеменного района около 0,6 млн га в схеме первого районирования (1982), то в каждом районе/подрайоне в среднем может находиться около 6 лесных массивов/популяций. Это, конечно, весьма приблизительные данные, так как размер популяций зависит не только от ландшафтно-географических особенностей биотопы, но и от биологических особенностей каждого вида, прежде всего от дальности эффективного распространения пыльцы и семян. Исходя из этого размер популяции у таких пионерных пород, как сосна и берёза, должен быть существенно выше, чем, например, у дуба [Семериков, 1986].

Тем не менее А.И. Видякиным [2004, 2010, 2014] при дифференциации популяций сосны на северо-востоке европейской части России методами популяционной фенетики показано, например, что в одном лесосеменном подрайоне выделяют 6 популяций сосны. Особенность методики исследований этого автора заключается в том, что им вначале

были выделены фены популяционного уровня, которые дифференцируют ареальные совокупности сосны на уровне различий между смежными насаждениями из суходольных и болотных местообитаний Кировской обл. Применение фенотипов популяционного уровня в ленточных борах Алтая дало сходный результат [Зацепина и др., 2016].

В то же время В.П. Путенихиным с соавторами при анализе изменчивости основных лесообразующих видов по комплексу количественных и качественных признаков генеративных органов в Башкортостане и на Урале была получена более укрупнённая пространственная популяционная структура изученных видов [Путенихин и др., 2004, 2005, 2009]. С учётом этих работ и исследований З.Х. Шигапова с соавторами, проведённых с применением изоферментных маркёров [2009], ориентировочные площади популяций (популяционных ареалов) на обозначенной территории составляют: сосны обыкновенной – 0,35–6,0 млн га; ели сибирской – 1,5–2,5 млн га; лиственницы Сукачёва – 0,25–12,0 млн га. При этом пространственные очертания выделенных ими популяций в большинстве случаев в той или иной мере не совпадают ни с лесосеменными районами 1982 г., ни, тем более, с лесосеменными районами 2015 г. Вместе с тем границы ряда популяций более или менее определённо соотносятся с отдельными лесосеменными подрайонами (или их группами) районирования 1982 г.

Эти отличия в оценке размеров популяций разными исследователями могут иметь следующие причины: 1) региональные особенности популяционной структуры видов; 2) различные методы исследований (выбор признаков для исследований, схема закладки пробных площадей и варианты анализа результатов в связи с особенностями естественно-исторического районирования территории и др.).

Так или иначе, в решении проблемы лесосеменного районирования в отечественной науке господствует подход, основанный на представлениях популяционных биологов о популяции как об «эколого-генетической общности» [Тимофеев-Ресовский и др., 1973; Готов, 1975, 1983; Семериков, 1986; Животовский, 2021]. На необходимость сохранения естественной популяционной структуры видов обращают внимание и сотрудники ВНИИЛГИСБиотех, которые предлагают в этой связи «новый инновационный сценарий селекции» [Корчагин и др., 2020]. Частным случаем этого подхода является необходимость учёта в популяциях дуба черешчатого частот ранних и поздних форм (разновидностей), соотношение которых зависит от лимитирующих факторов среды [Шутяев, 1998, 2007; Кострикин, 2013]. Наряду с этим

предлагается разделять ареал лесообразующих видов на относительно однородные участки исходя из зависимости таксационных показателей от таких значимых климатических факторов, как, например, сумма активных температур [Федорков, 2020]. Этот подход близок к тому, который использовали авторы новой версии лесосеменного районирования 2015 г. С нашей точки зрения, анализ такого рода зависимостей может применяться как дополнительный в ситуации с очень большими размерами лесных массивов, внутри которых отсутствуют выраженные изоляционные барьеры.

Таким образом, совершенно очевидно, что проблема уточнения лесосеменного районирования очень сложна [Ирошников и др., 1978; Семериков, 1986; Милютин, Новикова, 2019]. Для её решения необходима консолидация усилий всех специалистов, обобщение накопленных данных и разработка на этой основе специальной программы с отбором и применением комплекса методов, дающих сопоставимые результаты. С учётом этих результатов необходимо организовать всестороннее обсуждение данной проблемы с привлечением всех заинтересованных компетентных исследователей, что позволит разработать новый научно обоснованный вариант лесосеменного районирования или же вернуть первый вариант районирования до накопления и обобщения недостающей информации. До этого момента более правильно при лесовосстановлении или использовать семена исключительно местной заготовки по принципу «как можно ближе к месту посадки культур» [Горошкевич, 2008], или ориентироваться на более аргументированную схему лесосеменного районирования 1982 г. В связи с возможными отдалёнными негативными последствиями трансформации генофондов естественных популяций, принцип «не навреди» как никогда актуален для взвешенного подхода к решению данной проблемы. Отметим также, что, во-первых, формально применение на практике правил лесосеменного районирования 1982 г. не будет нарушением, так как более «мелкие» районы/подрайоны этой версии не выйдут за пределы более крупных районов версии 2015 г. Во-вторых, львиная доля объектов ЕГСК заложена с учётом лесосеменного районирования 1982 г., что должно способствовать высокой адаптации будущих сортов к местным условиям.

Ещё одна пока не решённая проблема состоит в необходимости разработки специального районирования для сортов лесообразующих видов, в том числе «сортов-популяций», которые вскоре будут выделены по результатам изучения ГК. Очевидно, что с лесохозяйственной



точки зрения их выращивание возможно и за пределами исходных популяций (лесосеменных районов), если они сохраняют своё превосходство в соответствующих «чужих» районах и если при этом будет гарантирована их репродуктивная изоляция от естественных насаждений (во избежание трансформации генофондов и снижения устойчивости природных популяций). При этом недопустимо смешивать проблему лесосеменного районирования видов с проблемой лесосеменного районирования сортов. Данный вопрос будет подробнее рассмотрен во 2-й книге монографии.

## 6.4. Программы по лесной селекции и семеноводству

В связи с длительным жизненным циклом и поздним вступлением в плодоношение древесных пород, особенно в климатических условиях России, роль долгосрочного планирования в лесном селекционном семеноводстве, которое осуществляется в виде соответствующих программ, особенно важна. Вопрос создания программ по лесной селекции и семеноводству детально проанализирован в монографии и обзоре А.П. Царёва [2013, 2014].

В советский период (в 1965 г.) были опубликованы Основные положения по лесному семеноводству в лесах СССР. Однако планомерная разработка крупных государственных программ в этой сфере началась после создания в 1971 г. отраслевого института – ЦНИИЛГиС. В 1970–1980-е гг. и позднее были подготовлены: Генеральная схема лесного семеноводства [Тараканов и др., 2001], региональные программы для отдельных субъектов РФ, неоднократно переизданы Основные положения по лесному семеноводству [1976, 1994], ОСТы и основные положения на различные объекты ЕГСК [Основные положения ... испытательных культур, 1982; Основные положения ... архивов, 1982; Отраслевой стандарт, 1978, 1984, 1996а,б], приняты программа по изучению имеющихся и закладке новых ГК основных лесообразующих пород [Изучение..., 1972], лесосеменное районирование [1982].

Генеральная схема лесного семеноводства при отборе на скорость роста в качестве основной последовательности этапов селекции включала: отбор ПД, массовое создание на их основе ЛСП-1 (преимущественно клоновых), архивов клонов и маточных плантаций ПД, испытание по семенным полусибсовым потомствам ПД (так называемая «генетическая оценка» ПД), отбор по результатам испытаний элитных деревьев, создание многоклоновых ЛСП-2 вегетативными

потомствами элитных деревьев, дальнейшую селекцию на основе изучения элитных деревьев. Возможность выделения элиты среди ПД ограничивалась возрастом ИК – не менее половины возраста рубки; при этом следовало также учитывать генеративные особенности лучших по росту потомств в архивах клонов. Позднее [Указания., 2000] была допущена возможность отбора предэлиты по результатам изучения ИК, достигших II класса возраста. На её основе допускалось создание ЛСП-1,5. Также было разрешено создание ЛСП-2 из одного и ограниченного количества (менее 50) клонов. В первом случае клон должен был отличаться или высокой общей комбинационной способностью (ОКС) и самостерильностью, или высокой специфической комбинационной способностью (СКС) при искусственном его опылении пыльцой нужного генотипа. На многоклоновых ЛСП-1 в первых редакциях регламентирующих документов допускалось включать не менее 25 клонов, в последних – не менее 50. Требования по числу клонов на ЛСП-1,5 не были оговорены.

Разработка и научное сопровождение программ были возложены в основном на ЦНИИЛГиС, при котором для координации исследований был создан Проблемный совет, и на его региональные лаборатории, а также на некоторые другие институты и вузы. Сопровождение осуществлялось на планово-договорной основе через систему научных кураторов, закреплённых за регионами. Проекты на объекты ЕГСК разрабатывались институтом «Союзгипролес»<sup>104</sup> и его филиалами. В регионах были созданы лесосеменные производственные станции (ЛСПС), которые при взаимодействии с научными кураторами и лесными предприятиями осуществляли работы по закладке объектов ЕГСК. Большая часть плантационных селекционно-семеноводческих объектов (ССО)<sup>105</sup> создавалась при специализированных предприятиях. Например, в Новосибирской обл. был образован Бердский спецлесхоз, в Алтайском крае – Озёрский опытно-показательный леспромхоз и т.д. В Карелии практической деятельностью (и курированием) по отбору, аттестации, проектированию и созданию объектов лесосеменной базы занимались специалисты Петрозаводской

---

<sup>104</sup> ФГУП «Росгипролес», в настоящее время – ликвидирован.

<sup>105</sup> Ранее объекты лесного селекционного семеноводства (часть которых вместе с ПЛСУ входила в постоянную лесосеменную базу) и объекты, предназначенные для сохранения генофонда и изучения географической изменчивости, объединяли в так называемый «Единый генетико-селекционный комплекс» (ЕГСК). Приказом Рослесхоза от 20.10.2015 № 438 все объекты ЕГСК отнесены к «объектам лесного семеноводства». Далее в тексте монографии использованы оба термина.

и Олонецкой производственных лесосеменных станций, Карельского проектного селекционно-семеноводческого центра и лесных семеноводческих станций [Лаур, 2012]. Во всех субъектах страны действовали аттестационные комиссии по приёмке/списанию ССО, возглавляемые главными лесничими департаментов/управлений лесным хозяйством регионов. В их состав обязательно входили сотрудники ЛСПС, представитель зональной лесосеменной станции, научный куратор и главный лесничий лесного предприятия, на территории которого находился аттестуемый ССО. Все сведения об объектах ЕГСК заносили в государственный реестр. Работы по созданию серии ГК курировал ВНИИЛМ. Вопросы стратегического характера решались на уровне Государственного комитета СССР по лесу. Первичные документы хранились в ЛСПС, зональных лесосеменных станциях, управлениях лесами, лесхозах, на территории которых создавались ССО, а также в курирующих институтах.

Неудивительно, что при таком подходе и государственном финансировании количество ССО в 1970–1980-е гг. стремительно росло [Тараканов и др., 2001]. Эта тенденция была прервана распадом СССР [Милютин, 1998]. Она сменилась почти 30-летней тактикой сохранения созданных объектов при очень слабых темпах создания новых. Принятие Лесного кодекса РФ (2006), упразднение лесхозов и передача наиболее продуктивных участков леса в аренду не способствовали развитию лесного семеноводства в России. Отрасль пережила период неоднократной реорганизации, что в совокупности с другими причинами негативно сказалось на её состоянии. Тем не менее и в постсоветский период состояние созданных объектов контролировалось на уровне подразделений Рослесхоза и в регионах. В 2000 г. были изданы Указания по лесному семеноводству, в которых были обобщены ранее действовавшие нормативно-правовые документы, усовершенствованные с учетом накопленных знаний и опыта.

Возникла настоятельная потребность в объективной оценке состояния этой сложной наукоёмкой сферы (инвентаризация ССО, обобщение накопленного опыта и разработка модернизированных программ по селекционному семеноводству), которая была реализована лишь в последнее время в единичных субъектах РФ [Лаур, 2012; Рогозин, 2016; Корчагин и др., 2020; Тараканов и др., 2021; Царев и др., 2021а; Тараканов, Бородинцева, 2023]. В качестве примера региональных модернизированных программ, учитывающих накопленный опыт и последние достижения в лесном селекционном семеноводстве, отметим

разработку этих важных документов на 20-летний период в Новосибирской обл. и Алтайском крае [Тараканов и др., 2019а; Тараканов, Бородинцева, 2023]. Они основаны на принципах оптимизации соотношения площадей селекционно улучшенных и нормальных насаждений главных пород, ускорения селекции, повышения эффективности массового и индивидуального отбора с акцентом на главную лесообразующую породу – сосну обыкновенную. По итогам реализации программ планируется увеличение числа ПД до 1–1,5 тыс. шт. на лесосеменной район, приоритет генетической оценки ПД над закладкой ЛСП-1, создание ЛСП-1,5. По ориентировочным оценкам, ежегодные затраты на реализацию программ в каждом регионе составят около 5–6 млн руб. Закладка первой в азиатской части России ЛСП<sub>пц</sub> сосны в Новосибирской обл. уже финансируется из федерального бюджета.

Основные проблемы по созданию каждого из ССО будут рассмотрены в следующем разделе главы. Здесь же отметим, что наряду с рассмотренным выше централизованным подходом к развитию лесной селекции и семеноводства, в рамках региональных программ были приняты и реализуются программы, имеющие специфические особенности. Как уже отмечалось выше, для сохранения генофондов и повышения устойчивости будущих сортов все работы по лесной селекции осуществлялись с учётом лесосеменного районирования. Однако в некоторых случаях исследователи широко использовали генетический потенциал вида и рода, не только создавая коллекции ценных генотипов из различных частей ареала вида, но и осуществляя межвидовые скрещивания, в том числе с интродуцентами. Прежде всего это относится к тополю [Сиволапов, 1980, 2020; Царев, 1985; Бакулин, 1990]. В данном случае, в отличие от ценных хвойных пород, активно используется химический мутагенез с целью получения полиплоидов. Благодаря этому и возможности клонового размножения для тополя получено наибольшее по сравнению с другими породами число ценных сортов и гибридов отечественной селекции. В этом и в других аналогичных случаях после получения ценного генотипа встаёт вопрос о его размножении и испытаниях с целью определения амплитуды эколого-географических условий возможного выращивания в лесохозяйственных целях. Возникает проблема районирования сортов [Царёв, 2013]. Понятно, что в этой ситуации должна обеспечиваться генетическая изоляция от местных популяций вида, с которой возможен потенциальный обмен генами. Аналогичная картина имеет место при селекции берёзы карельской на узорчатость (декоративность) древесины [Ветчинникова, Титов, 2016],

при отборе кедра сибирского и его гибридов с другими кедровыми соснами на декоративность и другие признаки [Матвеева и др., 2006; Горошкевич, 2008].

Наряду с программами по селекции и семеноводству местных лесообразующих видов в перечень основных направлений лесного селекционного семеноводства традиционно входят вопросы интродукции хозяйственно ценных экзотов древесных видов. Обычно экзоты недостаточно адаптированы к новым для них лесорастительным условиям, поэтому интродукция подразумевает их дальнейшее селекционное улучшение не только по хозяйственно ценным признакам, но и по устойчивости к лимитирующим экологическим факторам [Белобородов, Ширяев, 1997; Путенихин, 2008; Демидова и др., 2018a].

Опираясь на анализ отечественного и зарубежного опыта лесной селекции, укажем на 3 важнейших положения программы, которые нуждаются в существенной редакции. Первое из них состоит в необходимости научно обоснованного ограничения площадей сортовых генетически обеднённых лесов во избежание снижения устойчивости лесных экосистем России в целом [Семериков и др., 1998; Горошкевич, Крутовский, 2017]. Оно может быть определено исходя из доли площадей наивысших классов бонитета, пригодных для интенсивного лесопользования [Семериков и др., 1998; Онучин и др., 2012], и возможностей изоляции сортовых насаждений от естественных популяций вида. Второе положение сводится к невозможности сохранения высокого уровня генетической изменчивости при селекции, особенно на её продвинутых этапах, что было доказано В.Л. Иогансеном ещё в начале XX в. [1935]. Наконец, третье, очень важное, положение сводится к ускорению этапов селекции, что реализуется возможностью отбора ПД и их окончательной генетической оценки по потомствам в более молодом возрасте. Последнее положение более детально обосновывается при рассмотрении особенностей создания ССО.

## 6.5. Лесные селекционно-семеноводческие объекты

В таких селекционно-семеноводческих объектах, как ЛСП и селекционно улучшенные ПЛСУ, а также ПН и даже ПД, осуществляют производственную заготовку семян категории «улучшенные». В генетических резерватах могут заготавливать семена нормальной категории. В архивах клонов и на маточных плантациях с повышенной вероятностью самоопыления, а также в ГК, где возможно переопыление

климатипов из различных лесосеменных районов, могут проводиться контролируемые скрещивания и сбор семян (только для научных целей).

Согласно данным Рослесозащиты, на 01.01.2023 г. в России отобрано около 31,6 тыс. ПД и 14 тыс. га ПН, создано 5,8 тыс. га ЛСП-1 (в том числе 4,5 тыс. аттестованных) и 119 га ЛСП<sub>птц</sub> (91 га аттестованных), 573 и 210 га архивных и маточных плантаций соответственно, 792 га испытательных культур ПД, а также 812 га ГК (табл. 6.1); кроме этого, выделено 197 тыс. га генетических резерватов.

Некоторые объекты пока не аттестованы из-за небольшого возраста и иных причин. В целом большая часть ССО сконцентрирована в европейской части России. По числу отобранных ПД всех пород лидируют Северо-Западный и Приволжский федеральные округа. Среди лучших по сумме рангов преобладают субъекты РФ европейской части России и Урала (табл. 6.1). В азиатской части России, с учётом качества ССО, лидируют Новосибирская обл. (все хвойные породы) и Алтайский край (сосна). К сожалению, обобщёнными данными о представительстве ПД на испытаниях и ЛСП мы не располагаем.

Что касается породного состава ССО, то по объёмам созданных объектов в порядке убывания породы образует ранжированный ряд: сосна, ель, лиственница, дуб, кедр, бук, пихта, берёза, орех (табл. 6.2). Всего в селекции на разных ССО задействовано от 31 до 80 видов лесных древесных растений [Тараканов и др., 2021; Состояние..., 2020], но наиболее представлены самые ценные в лесохозяйственном отношении сосна обыкновенная, лиственница сибирская, ель европейская, кедр сибирский и дуб черешчатый. По упомянутым видам отобрана также львиная доля ПН и генетических резерватов.

Для краткости и структуризации изложения условимся подразделять все ССО на натурные, выявленные в естественных условиях обитания, и плантационные, созданные искусственным путем (см. рис. 4.1). К первым относятся плюсовые насаждения и деревья, а также генетические резерваты, которые могут использоваться как семенные заказники. В свою очередь, плантационные ССО с некоторой долей условности подразделяются на научные (или селекционные) и производственные (или семеноводческие). К научным относятся ИК и архивы клонов ПД, предназначенные для их генетической оценки и сохранения ценного генофонда. К производственным – ЛСП и селекционно улучшенные ПЛСУ, создаваемые для массового производства улучшенных и сортовых семян, а также маточные плантации, предназначенные для получения

**Таблица 6.1.** Количество и площадь основных ССО в Российской Федерации суммарно по всем породам (по данным ФБУ Рослесозащита на 01.01.2023)

Федеральный округ (ФО) и субъект РФ	ПД, шт.	ЛСП, га	ЛСП <sup>пцц</sup> , шт.	Архивы клонов, га	Маточные плантации, га	ПЛУУ улучшенные, га	Испытательные культуры, га	Географические культуры, га
Всего на землях лесного фонда	31 612	5 847,8	119,0	573,6	210,2	1 394,3	791,5	812,0
<b>Суммарное количество и площадь ССО в ФО России (ранжированы по числу ПД)</b>								
Северо-Западный	8 338	1 291,8	4,2	118,8	34,6	291,4	286,0	250,6
Приволжский	7 131	1 756,4	102,3	181,9	51,9	353,2	250,7	215,4
Центральный	4 144	1 117,1	10,0	43,4	30,6	165,7	135,5	201,1
Сибирский	3 541	656,7	0,0	150,8	57,0	286,7	58,9	51,5
Южный	2 990	222,6	0,0	0,4	8,6	158,7	18,6	16,6
Уральский	2 836	592,4	2,5	29,7	26,5	75,2	25,6	47,6
Дальневосточный	2 136	176,8	0,0	28,1	1,0	42,3	7,1	29,2
Северо-Кавказский	496	34,0	0,0	20,5	0,0	21,1	9,1	0,0
<b>Лучшие субъекты РФ по сумме рангов всех объектов ССО (среди 77 субъектов РФ)</b>								
Ленинградская область	876	311,5	0,0	11,6	10,9	127,4	77,3	56,2
Вологодская область	835	184,6	0,0	34,2	13,2	36,1	45,9	57,3
Республика Коми	2 548	155,6	0,0	23,8	0,0	36,4	40,6	28,9
Свердловская область	791	356,4	2,5	11,9	26,5	27,2	20,7	13,2
Ульяновская область	722	357,8	44,0	39,2	0,0	19,4	89,4	0,0
Республика Карелия	1 520	424,8	4,2	8,0	0,0	13,4	29,4	26,9
Псковская область	911	131,4	0,0	23,1	10,5	30,8	49,8	14,0
Нижегородская область	578	349,1	35,2	50,2	0,0	20,6	40,9	0,0
Челябинская область	725	169,4	0,0	17,8	0,0	48,0	4,9	17,4
Новосибирская область	564	139,5	0,0	51,4	3,5	26,3	15,8	15,4

**Таблица 6.2.** Количество и площадь основных ССО различных пород, ранжированных по числу ПД (по данным ФБУ Рослесозащита на 01.01.2023)

Порода	ПД, шт.	ЛСП, га	ЛСП <sub>пл</sub> , шт.	Архивы клонов, га	Маточные плантации, га	ПЛУ улучшенные, га	Испытательные культуры, га	Географические культуры, га
Сосна	15 198	3 166,5	108,2	296,5	111,0	733,5	396,6	393,5
Ель	4 093	1 160,8	0,0	83,9	35,8	313,8	265,5	210,6
Лиственница	3 619	576,0	10,8	61,5	31,6	93,4	12,3	110,3
Дуб	3 405	448,8	0,0	17,3	3,8	138,5	64,6	85,9
Кедр	3 050	399,6	0,0	87,1	23,2	82,8	40,9	11,7
Бук	653	11,0	0,0	20,5	0,0	0,0	3,5	0,0
Пихта	390	2,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0
Береза	300	32,5	0,0	5,4	0,0	2,0	0,5	0,0
Орех	131	1,8	0,0	0,0	0,0	2,5	0,7	0,0
Прочие	773	48,8	0,0	1,4	4,8	17,9	6,9	0,0

черенков. В связи с необходимостью точной маркировки родословных деревьев и для удобства организации исследований научные объекты целесообразно создавать при институтах под методическим контролем научных кураторов. Коротко проанализируем состояние перечисленных лесных ССО.

### 6.5.1. Натурные селекционно-семеноводческие объекты

В связи с преувеличением значимости проблемы «ранней диагностики» плюсовые насаждения и деревья в России на начальном этапе работ по селекционной инвентаризации насаждений были отобраны преимущественно в приспевающем и спелом возрасте. В настоящее время они находятся в перестойном состоянии, их численность неуклонно уменьшается [Тараканов и др., 2019а; 2021; Царев и др., 2021а]. После инвентаризации ССО силами Рослесозащиты в 2007 г. к списанию было представлено особенно много натуральных объектов (см. главу 4). Например, в лидирующей в Сибири по лесному семеноводству



Новосибирской обл. число ПД к 2010 г. уменьшилось на 27%. При этом отношение площади лесов к числу ПД (интенсивность отбора) в России на порядок ниже, чем в соседних Скандинавских странах [Царев и др., 2019].

С учётом ориентирования исследователей на завышенную 25%-ю частоту встречаемости элитных деревьев среди ПД, низкого качества отбора в спелом возрасте и тенденции сокращения численности перестойных ПД (значительная часть которых не была испытана по семенным потомствам и не сохранена в архивах клонов), количество выделенных ПД явно недостаточно для отбора среди них нужного числа элитных вариантов, особенно, если ориентироваться на требование создания многоклоновых ЛСП-2 из 50 клонов на плантацию [Указания.., 2000; Приказ... № 438, 2015]. Если исходить из встречаемости элиты среди ПД на уровне 5–10%, то численность ПД необходимо пополнить из расчёта 0,5–1,5 тыс. шт. на каждый лесосеменной район, соответствующий районированию 1982 г. В этом отношении в стране выгодно отличаются лишь некоторые регионы европейской части России: например, в Карелии отобрано около 1,7 тыс. ПД сосны и ели. В то же время в лидирующих по семеноводству в Сибири Новосибирской обл. и Алтайском крае их число составляет около 200–300 ПД на лесосеменной район/подрайон [Болонин и др., 2010; Бондарев, Кальченко, 2010].

Но самое главное, как уже отмечено в разделе 6.2, для повышения качества отбора и ускорения селекционного процесса ПД следует отбирать в наилучших лесорастительных условиях и в более молодом возрасте – до начала проходных рубок, при которых прежде всего изымаются быстрорастиющие высококачественные деревья. В насаждениях, не затронутых приисковыми рубками, которые встречаются до III класса возраста включительно, возможен отбор ПД с превышениями над средним диаметром на 30–60% и над средней высотой на 10–15% [Тараканов и др., 2021]; в пройденных рубками насаждениях критерии отбора снижаются до 20 и 8% соответственно [Указания.., 2000]. Уже этот факт говорит о нецелесообразности отбора ПД в насаждениях после проведения в них первых рубок ухода (обычно с IV класса возраста). Кроме того, более молодые деревья отличаются лучшим качеством черенков и семян [Бондаренко, Жигунов, 2017; Велисевич, Горошкевич, 2021], что положительно сказывается на состоянии всех плантационных объектов, в первую очередь ЛСП.

Отобранные ПД прежде всего необходимо испытать по их семенным потомствам и размножить в архивах клонов. Приступить

к массовой закладке ЛСП рационально лишь после отбора хотя бы предэлитных вариантов. В этом случае будет обеспечено также повышение семенной продуктивности и сроков эксплуатации семеноводческих объектов.

Что касается ПН, то критерии их отбора в Указаниях по лесному семеноводству 2000 г. стали менее чёткими и конкретными по сравнению с предыдущими нормативными документами, а в новых Правилах создания и выделения объектов лесного семеноводства [Приказ... № 438, 2015] они и вовсе отсутствуют. Так, в Указаниях по лесному семеноводству [2000] написано: «п. 1.5 ... плюсовые насаждения – самые высокопродуктивные, высококачественные и устойчивые для данных лесорастительных условий насаждения», при этом в п. 2.4 указано, что «...конкретные придержки для выделения селекционных категорий насаждений и деревьев ... определяются региональными методическими рекомендациями научно-исследовательских учреждений». Совершенно очевидно, что должны быть установлены чёткие критерии отбора. С нашей точки зрения, при отборе ПН целесообразно оставить в качестве критериев суммарную долю «лучших нормальных» и «плюсовых» деревьев, которая устанавливается по данным сплошного перечёта на пробных площадях. Она может варьировать в зависимости от породы и других условий и составляет, например, для сосны 13–20% [Демиденко, Урусов, 1984; Демиденко, 1997]. А.П. Царёв и Н.В. Лаур [2019] рекомендуют применять в качестве критерия число ПД в расчёте на 1 га (не менее 5 шт./га для условий Карелии). Отобранные ПН и генетические резерваты должны использоваться в качестве семенных заказников и объектов для популяционной селекции [Некрасова, 1981; Семериков и др., 1998; Тараканов и др., 2021]. В противном случае их выделение и сохранение не имеет селекционно-семеноводческого смысла.

### **6.5.2. Селекционные объекты: испытательные культуры плюсовых деревьев**

Одной из самых серьёзных проблем отечественной лесной селекции является отсутствие адекватной методики генетической оценки ПД по их семенным потомствам. Именно первая устаревшая методика закладки и изучения ИК [Основные положения., 1982], которая не была своевременно пересмотрена, стала основной причиной «замедления» процесса лесной селекции в России. С позиций современного опыта и анализа схем селекции, эффективно используемых в других странах,

основные недостатки российской методики заключаются в громоздкости и длительности испытаний [Исаков, 1999; Федорков, 2011, 2021; Бондаренко, Жигунов, 2016а, 2020; Рогозин, 2018; Раевский и др., 2020, 2022; Тараканов и др., 2021]. Последнее было обусловлено опасениями ошибок в идентификации элиты при слишком раннем возрасте оценки потомств ПД, в связи с чем время окончательного выявления лучших потомств было отодвинуто на достижение ими возраста, составляющего не менее половины возраста рубки. При этом предполагалось, что будущие сортовые леса будут создаваться по методике, близкой к методике закладки обычных лесных культур, а не по технологии ускоренного выращивания древесины в условиях оптимально загущенных лесосырьевых плантаций. На громоздкость испытаний (большой объём опытов) повлиял факт варьирования фона опылителей ПД, что обуславливало отличия в рангах потомств, полученных из семян от разных урожаев (генераций) [Ефимов и др., 1982; Ефимов, 2010]. В связи с этим было предложено создавать испытательные культуры ПД потомствами не менее трёх различных генераций, полученных от свободного опыления. С учётом завышенных статистических требований к объёму выборок на каждое ПД планировалось задействовать около 0,5 га ИК [Основные положения., 1982; Тараканов и др., 2021]. Несложно посчитать, что в 2008 г. для 36 тыс. шт. ПД, числящихся в Госреестре по данным Рослесозащиты [Кобельков, 2008], площадь ИК должна была достигать 18 тыс. га. В действительности, по их же данным, было заложено менее 1 тыс. га этих объектов, при этом, по нашим косвенным расчётам, в испытания было вовлечено менее половины отобранных ПД.

Как отмечено в обзорной статье [Тараканов и др., 2021]: «Столь грандиозный объём запланированных испытаний не был реализован ни в одном регионе России. Элементарные расчёты показывают, что эта проблема устраняется при получении потомств из семян от переопыления клонов ПД на плантациях, проведении поэтапных тестирований с постепенным уменьшением числа испытываемых ПД при снижении возраста окончательной оценки и густоты опытных насаждений... Если же ИК встраивать в план закладки соответствующих промышленных плантаций, занимая ими часть площадей, то проблема специального поиска необходимых площадей снимается в принципе».

Давно обсуждается вопрос о числе повторностей, числе растений на делянку и на семью [Райт, 1978]. Обобщая опыт скандинавских исследователей, А.Л. Федорков и А.А. Туркин [2009] полагают, что при большом числе делянок и контрольных растений, в зависимости от

цели исследования, число деревьев на семью может составлять около 20–40 экземпляров. А.С. Бондаренко и А.В. Жигунов считают достаточным около 200 деревьев на семью [2016a]. Последнее совпадает с новыми нормативными требованиями по закладке ИК [Приказ... № 438, 2015]. Для минимизации эффектов взаимодействия «генотип–среда» и «популяция–среда» важно также, чтобы условия роста ПД и их потомств были максимально близки и в испытаниях были вовлечены контрольные деревья из разных популяций [Рогозин, 2018; Федорков, 2019].

При разработке схем селекции с учётом низкой эффективности массового отбора и возможностей ранней диагностики некоторые авторы предлагают основной акцент делать не на отбор ПД, а на индивидуальный отбор в краткосрочных испытаниях большого количества «случайных» деревьев по их потомству. М.В. Рогозиным на основе анализа 1 700 деревьев, отобранных на ПЛСУ сосны в качестве материнских (РР), и изучения 3–18-летних потомств от них общим числом свыше 41 000 полусибсов (F1) разработана схема отбора на ОКС [Рогозин, 2018]. Она базируется на краткосрочном анализе потомств, полученных из семян от нескольких урожаев/генераций РР. По мнению автора, первая оценка роста потомства возможна уже в 4–5 лет с отбором 60% лучших матерей; с них собирают второй, третий и четвертый урожаи, в которых проводят аналогичную отбраковку. После четырех испытаний у оставшихся деревьев последнего этапа возможен отбор матерей на ОКС с превышением контроля на 10%. Расчётная доля таких элитных деревьев составляет 3% от начального числа. На весь цикл испытаний в этом случае потребуется 20 лет ( $4 \times 5$ ). При этом, во избежание отрицательных эффектов «генотип–среда», необходимо соблюдать однотипность условий произрастания РР и F1.

Отметим, что ИК служат не только для отбора элитных деревьев и создания ЛСП-1,5 и 2-го порядков, но и для оценки эффективности массового отбора ПД по их фенотипам (именно этот вид отбора относится к «плюсовой селекции» в узком смысле этого термина). В этой связи дискутировалась проблема «контроля», с которым сравнивается опыт (средние значения селектируемых признаков по всей выборке испытываемых потомств ПД) [Исаков, 1999; Тараканов и др., 2001; Видякин, 2010; Федорков, 2019]. Она будет рассмотрена во 2-й книге монографии. Здесь же отметим, что факт статистически значимой дифференциации семей в ИК, подтверждающий потенциальную эффективность индивидуального отбора, никто из исследователей не подвергает

сомнению. Именно по этой причине в программах по лесной селекции первоочередное внимание должно быть уделено созданию ИК и архивов клонов, а не массовой закладке ЛСП из не проверенных по потомствам ПД. Наряду с семенными потомствами при генетической оценке ПД необходимо оценивать их вегетативное потомство, в том числе не только по генеративным, но и по «ростовым» показателям [Раевский, Щурова, 2016]. В этой связи крайне интересен и пока недостаточно изучен вопрос о корреляции между признаками интенсивности роста у семенных потомств в ИК, с одной стороны, и вегетативных потомств в архивах клонов, с другой.

При изучении прививок кедра сибирского от родителей разного возраста установлено, в частности, выраженное наследование возраст-специфического уровня ростовых процессов [Велисевич, Горошкевич, 2021]. По мнению авторов исследования, это может быть использовано для селекции на скорость роста. Вероятно, авторы имеют в виду возможность повышения скорости роста при вегетативном размножении хвойных пород за счёт использования в качестве донора черенков молодых (незрелых) деревьев. Это явление свидетельствует также о важности учёта возраста ПД при анализе интенсивности роста и других признаков в архивах клонов, а также, возможно, и в ИК. Последнее обусловлено влиянием возраста на качество семян [Азниева, 1972], что может отразиться и на росте семенного потомства. Интересен также вопрос о возможности ускорения ростовых процессов методами «реювенилизации» [Путенихин, 2007] и его зависимости от возраста ПД.

Подчеркнём, что в испытании по семенному потомству целесообразно вовлекать не только ПД, но и ПН, а также другие семеноводческие объекты известного происхождения (ЛСП, ПЛСУ, генетические резерваты, лучшие климатипы в ГК), которые могут быть объектами популяционной (групповой) селекции [Некрасова, 1981; Семериков и др., 1998; Указания..., 2000].

Несмотря на определённую позитивную модернизацию нормативных требований, что отражено в приказе Рослесхоза от 20.10.2015 № 438, очевидна необходимость в разработке новой методики генетической оценки плюсовых деревьев и насаждений, в которой должны быть аккумулированы все значимые достижения в этой области. На наш взгляд, в обновлённой методике следует допустить возможность применения различных схем и методов селекции на усмотрение научных кураторов, но с обязательной рецензией проектов квалифицированными специалистами.

### 6.5.3. Семеноводческие объекты

Основным поставщиком селекционно улучшенных семян являются лесосеменные плантации. После 1996 г. в составе семеноводческих объектов появились также постоянные лесосеменные участки, заложенные посадкой сеянцев/саженцев, выращенных из семян плюсовых насаждений и деревьев [Отраслевой стандарт, 1996; Указания., 2000]. Однако их доля в производстве семян улучшенной селекционной категории пока очень мала. Среди ЛСП в настоящее время преобладают клоновые/прививочные ЛСП-1 основных лесообразующих пород, созданные привитыми саженцами не испытанных по потомству ПД. На основе полученного опыта можно утверждать, что с точки зрения селекционного эффекта в сравнении с финансовыми затратами на их создание и эксплуатацию в дальнейшем рационально закладывать не эти объекты, а ЛСП-1,5 из предварительно выделенной по результатам генетической оценки ПД предэлиты. Тем не менее создание и эксплуатация ЛСП-1 позволили получить опыт по массовому производству селекционно улучшенных семян лесообразующих видов, который позволит избежать многих ошибок при создании ЛСП более высоких порядков [Ефимов, 2010].

Проанализируем имеющийся в России опыт создания ЛСП. Как было отмечено выше (см. табл. 6.1), в Российской Федерации создано 5,8 тыс. га ЛСП-1 и 119 га ЛСП-1,5. В Новосибирской обл. начато создание первой в Сибири ЛСП-1,5 площадью 10 га. Если принять во внимание, что большая часть ЛСП-1 заложена до 1991 г., то они уже должны плодоносить. Однако вклад семян улучшенной селекционной категории в общий объем заготовки составляет в настоящее время меньше 5%. Авторы не располагают обобщенной информацией по сбору улучшенных семян, однако данные региональной статистики свидетельствуют о недостаточной высокой семеноводческой эффективности ЛСП. Причём это является следствием не только экономических причин (низкий уровень финансирования, снижение потребности в семенах), но и причин технологического характера. Например, в Алтайском крае с ЛСП сосны сбор семян составляет менее 20% их биологического урожая. Основная причина – отсутствие технических средств для сбора семян с высоких деревьев (выше 5–7 м). Несмотря на редкую посадку с размещением саженцев по схеме 6 × 8 м (208 шт./га), по производительности дерева на ЛСП характеризуются I–II классами бонитета и к 30–40 годам становятся практически недоступными для сбора семян имеющимися средствами даже на своевременно изреженных плантациях.

Эта ситуация усугубляется смыканием крон и смещением вверх женского яруса деревьев в загущенных насаждениях. В условиях высших классов бонитета ширина кроны большинства хвойных лесообразующих пород к 30–35 годам достигает 8–10 м. Расчёты, выполненные для сомкнутости крон 0,5 с учётом реальной динамики роста крон деревьев на ЛСП сосны, показывают, что в насаждениях I–II классов бонитета оптимальная густота к 40–50 годам составляет около 55–70 шт./га [Тараканов и др., 2001, 2019a]. Поскольку изреживания убыточны и не оправдывают надежду на существенное пополнение урожая семян за счёт обеспечения повышенной густоты в молодом возрасте насаждений, то эти объекты целесообразно создавать без расчёта на изреживание.

Для сбора шишек сосны и кедра с высоких деревьев в АО «Бердский лесхоз» (бывший ОГУ «Бердский спецлесхоз») изобрели приспособление, состоящее из рамного устройства с площадкой для сборщика шишек, расположенной в верхней части. Оно крепится на полозьях/санях и передвигается колёсным трактором. Габариты устройства позволяют осуществлять сбор шишек на высоте до 10–11 м. Однако из-за относительно большой ширины, равной ширине трактора, его можно применять только на плантациях с расстоянием между перифериями крон не менее 2–3 м. В противном случае при продвижении устройства по междурядьям возможен слом скелетных ветвей деревьев.

Таким образом, для повышения семеноводческой эффективности ЛСП прежде всего необходимо оптимизировать густоту посадки и изобрести устройство для сбора шишек в кронах. На уже созданных объектах хорошего состояния необходимо осуществить подеревный учёт с отбором лучших клонов и деревьев и провести изреживание.

Условия для сбора семенного сырья теоретически можно также улучшить обезвершиниванием (декапитацией) семенных деревьев, что позволит к тому же продлить срок эксплуатации этих объектов. Эффективное применение этого приёма согласно методике [Методические рекомендации..., 1999] возможно в аридных малоснежных условиях Забайкалья на свободно растущих интенсивно семяносящих деревьях семенного происхождения. Апробация метода для клоновых ЛСП в иных лесорастительных условиях и на других породах не проводилась. Декапитация семенных деревьев сосны и лиственницы без разработанной методики, выборочно осуществлённая на некоторых плантациях в лесостепи Сибири, дала отрицательный результат. Без решения этой

проблемы ЛСП сосны в лесостепи Западной Сибири могут эксплуатироваться до 40–45 лет. Аналогичные данные приводятся для других регионов [Ефимов, 2010; Федорков, 2019].

Семенной продуктивность плантаций можно повысить за счёт дополнительного отбора деревьев на семенную продуктивность. Поскольку генетическая корреляция между этим признаком и интенсивностью роста отсутствует, отбор на семенную продуктивность среди потомков ПД у такой породы, как сосна, не приведёт к снижению интенсивности роста [Тараканов и др., 2001; Ефимов, 2010].

Исходя из предельного срока эксплуатации в настоящее время назрела необходимость в замене многих высоковозрастных плантационных ССО на новые. Вместо них целесообразно создавать ИК, архивы клонов и ЛСП-1,5.

#### 6.5.4. Маркировка родословных на плантационных объектах

Ещё одной важной проблемой лесного селекционного семеноводства является точность маркировки деревьев на ЛСП и в особенности на близких к ним по схемам размещения (и по рассмотренным выше проблемам избыточной густоты) архивах клонов и маточных плантациях. Эта проблема может быть решена методами фенетики и молекулярной генетики или же их комбинацией [Кострикин и др., 1999; Зацепина и др., 2012; Тараканов и др., 2014б; Шейкина, 2022]. Паспортизация деревьев на ЛСП и в архивах клонов свидетельствует о достаточно высокой точности маркировки на объектах, созданных при НИИ и под методическим контролем научных кураторов. Это говорит о несомненной целесообразности воссоздания института кураторов и базовых по лесному семеноводству хозяйств [Тараканов и др., 2001, 2021, 2022; Кобельков, 2008].

Архивы клонов и маточные плантации создают с такой же густотой, что и ЛСП, и в них тоже необходимо поддерживать оптимум густоты, но в связи с рядовым размещением клонов сбор семян в них запрещён. Это обусловлено большей вероятностью самоопыления и последующей инбредной депрессии. Рядовое размещение клонов облегчает их изучение и точность маркировки при массовой заготовке черенков. В то же время в условиях производственной заготовки семенного сырья запрет на сбор шишек с архивов и маточных плантаций, размещённых на одной площади с ЛСП, трудно соблюсти. Поэтому данные объекты, как и ИК, целесообразно создавать при НИИ. Если же их закладывают



в условиях производственных питомников, то можно рандомизировать размещение на них клонов так же, как и на ЛСП, или использовать часть ЛСП как архивно-маточную плантацию.

### 6.5.5. Инвентаризация селекционно-семеноводческих объектов

По мере реализации программ по лесному семеноводству, особенно перед их модернизацией, необходимо осуществлять инвентаризацию имеющихся ССО. Это мероприятие регламентировано соответствующим документом [Методика..., 2007]. Единовременная инвентаризация ЕГСК была осуществлена в 2007 г. под руководством М.Е. Кобелькова силами Рослесозащиты. Она была обусловлена реформированием системы лесного хозяйства, в том числе передачей Рослесозащите 29 лесосеменных станций «Центрлессема». По итогам инвентаризации было опубликовано значительное число статей о состоянии объектов ЕГСК [Кобельков, 2008; Кальченко, Тараканов, 2010; Бондарев и др., 2012]. В настоящее время наметилась необходимость очередной инвентаризации.

Основная цель инвентаризации – получение объективной информации о состоянии всех объектов ЕГСК/ССО. При инвентаризации силами региональных подразделений Рослесозащиты и лесничеств учитывались такие общие показатели состояния плантационных ССО, как: площадь и сохранность деревьев, наличие паспортов и схем смешения клонов/семей, маркировка деревьев и делянок в натуре и др. В современный период некоторые из этих показателей могут быть получены средствами дистанционного зондирования Земли [Дубовик, Тараканов, 2020]. Не менее важно проверять сохранность привоев, которые могут замещаться подвоями, и особенно точность маркировки родословных, без которой невозможна дальнейшая селекция. Для учёта последнего важнейшего показателя требуются специальные исследования, которые были выполнены только для некоторых объектов [Чубугина, 2011; Зацепина и др., 2012; Кальченко, 2013].

В рамках научных исследований по направлениям «генетическая паспортизация объектов лесного семеноводства» и «генетический контроль за оборотом репродуктивного материала при воспроизводстве лесов» (см. раздел 5.2) Рослесозащита проводит работы по оценке состояния ССО с целью идентификации клонов основных лесообразующих пород и установления фактической схемы размещения привитых рамет на площадях ЛСП, архивов клонов, маточных плантаций и др. Применение для этих целей современных методов молекулярно-генетического

анализа образцов ДНК позволяет идентифицировать раметы клонов и их принадлежность потомству того или иного ПД, выявлять существующие нарушения в размещении рамет клонов ПД или соответствие их локализации первоначальной схеме создания ССО.

В 2008–2011 и 2017–2022 гг. на территориях Республики Карелии, Республики Хакасии, Алтайского, Красноярского краев, Московской, Владимирской, Вологодской, Тверской, Архангельской, Нижегородской областей сотрудниками Рослесозащиты обследовано 14 ЛСП сосны обыкновенной, ели европейской, лиственницы Сукачёва и 11 архивов клонов сосны обыкновенной, сосны сибирской кедровой, лиственницы Сукачёва, заложенных с 1976 по 2007 г. на общей площади около 80 га. Было также обследовано более 11 тыс. шт. привитых рамет от 1 200 клонов ПД. В настоящее время учреждением уточняются схемы смешения клонов на ЛСП и архивах клонов в Алтайском, Красноярском краях, Московской, Владимирской, Воронежской, Нижегородской, Рязанской, Тверской областях и других регионах Российской Федерации. Результаты проведенной ДНК-инвентаризации внесены в базу данных автоматизированной аналитической системы «Лесная генетика» и в дальнейшем могут быть использованы при проведении реконструкций ССО.

Опыт обследования таких объектов с использованием молекулярно-генетических методов показал, что доля нарушений по отдельным объектам может составлять от 2,5 до 48,5%. Нарушениями считают клоны неизвестного происхождения, которые не соответствуют генетическим характеристикам ни одного из представленных ПД, самосев и растения, выросшие из подвоев в результате гибели привоя. Такой «генетический мусор» негативно влияет на производство семян на ЛСП и, соответственно, снижает ожидаемый селекционный эффект от использования улучшенных и сортовых семян при создании искусственных лесных насаждений. Для минимизации ошибок такого плана необходимо осуществлять закладку новых ССО под генетическим контролем [Шишкина и др., 2013].

## 6.6. Достижения в частной селекции лесных пород

Успешность лесной селекции можно оценивать по различным критериям. Один из формальных критериев – количество ССО, что было рассмотрено выше (см. табл. 6.1 и 6.2). С этой точки зрения наибольший успех достигнут при селекции хвойных пород, особенно сосны и лиственницы. Но если руководствоваться определением селекции как

науки о выведении сортов и гибридов [Милютин, 2013], то наибольшего успеха добились селекционеры тополей, что связано с быстрым ростом и относительной лёгкостью клонирования этой породы. Успехи в селекции наиболее ценных в хозяйственном отношении ветроопыляемых хвойных пород (сосна, ель, лиственница, кедр, пихта) с этой точки зрения значительно скромнее [Царев, 2016]. На 2016 г. в России официально зарегистрированы всего 13 сортов лесных древесных пород, среди которых преобладают быстрорастущие (тополь, ива). Сотрудниками ВНИИЛ-ГИСбиотех были также получены патенты на 3 сорта тополя (автор д-р б. н. А.П. Царёв) и 2 сорта сосны – патент № 9187 на сорт сосна ‘Острогужская’, отличающийся засухоустойчивостью (авторы к.б.н. Н.Ф. Кузнецова и О.С. Машкина), и патент № 9188 сосна ‘Красавица’ высокой смолопродуктивности и устойчивости к корневым патогенам (автор д-р с.-х. н. А.А. Высоцкий). Сотрудниками ВНИИЛГИСбиотех обоснована несомненная экономическая эффективность селекции сортов и ценных гибридов тополя [Царев, 2014].

Ничтожно малое число сортов лесообразующих видов в определённой мере обусловлено юридическими и социально-экономическими факторами. Существенное влияние на скорость выведения сортов оказывают также биологические особенности видов. Тем не менее и у хвойных в результате многолетних кропотливых исследований зарегистрированы в качестве сортов-клонов 2 высокоурожайных сорта кедра сибирского – ‘Кедроградский’ и ‘Романтик’<sup>106</sup>, а также выделены перспективные популяции, генотипы и гибриды – кандидаты в сорта, которые представляют несомненный интерес для селекции хвойных. Значительная часть этих достижений «на пути к сорту» не отражена в рейтинговых журналах, но составляет основу для дальнейшей работы по селекции и репродукции.

Цель настоящего раздела – коротко перечислить основные достижения российских лесных селекционеров, что может быть полезным не только для специалистов, но и для лиц, ответственных за формирование государственной политики в сфере лесного селекционного семеноводства. Эти достижения столь многочисленны и разнообразны, что мы не имеем возможности перечислить их все в настоящей главе, в связи с чем приносим свои извинения коллегам, приславшим свои материалы. Основное внимание в этой главе будет сосредоточено на селекционном улучшении

---

<sup>106</sup> Реестр селекционных достижений Госсорткомиссии: Род, вид – Сосна кедровая сибирская. Селекционное достижение – 54971/8953669 КЕДРОГРАДСКИЙ и Селекционное достижение – 54970/8953668 РОМАНТИК.

лесообразующих пород, имеющих наибольшее экономическое значение. Более подробные данные о достижениях лесных селекционеров России планируется привести во 2-й книге монографии (2025).

### 6.6.1. Селекция тополей и осин во ВНИИЛГИСбиотех

Сотрудниками ВНИИЛГИСбиотех<sup>107</sup> за 50 лет на землях института, ряда лесхозов и лесных питомников было создано 59 опытных полевых объектов тополей (табл. 6.3) на общей площади 66,1 га [Царев и др., 2019, 2021в, 2023]. Проведено более 800 вариантов скрещиваний, получено более 54 тыс. гибридных семян и выполнено их первичное испытание. Для дальнейшего сортоизучения отобраны сотни новых перспективных гибридов, из которых заложены 8 коллекций клонов и новых гибридов тополей и осин (9,6 га).

За 10 лет (2014–2023 гг.) во ВНИИЛГИСбиотех осуществлены следующие опытно-производственные и научные мероприятия:

- ✓ Проведены работы по ювенилизации и репродукции более 30 клонов и сортов тополей.
- ✓ Создано 5 коллекционно-маточных плантаций тополей с целью выращивания посадочного материала в виде черенков на общей площади 0,87 га, включающих более 20 клонов и сортов белых и настоящих тополей в Воронежской и Липецкой областях. Работы выполнены на лесопарковом участке ВНИИЛГИСбиотех (2016 г.), в Куликовском лесхозе Липецкой обл. (2019–2020 гг.), в ООО «Объединённые питомники» Воронежской обл. (2022–2023 гг.). На этих объектах можно ежегодно заготавливать более 10 000 стандартных стеблевых черенков тополя.
- ✓ На лесопарковом участке ВНИИЛГИСбиотех создано укоренительное отделение для выращивания 1–2-летних саженцев тополей в объеме 800 экземпляров в год.
- ✓ Создано 6 сортоиспытательных участков тополей и осин на общей площади 8,0 га (15 клонов и сортов тополей и 25 гибридных семей осины). Эти объекты заложены с 2017 по 2022 г. в различных почвенно-климатических зонах европейской части России (Воронежская обл. – на чернозёмных почвах, Чеченская Республика – на южном чернозёме, промзона г. Волгограда – на светло-каштановых почвах).

<sup>107</sup> Ранее – ЦНИИЛГиС, НИИЛГиС.

**Таблица 6.3.** Сеть опытных полевых объектов рода *Populus*, созданных ВНИИЛГИСбиотех в европейской части России

Объект	Годы закладки	Кол-во участков	Площадь, га	Кол-во испытываемых клонов, гибридов
Сортоиспытательные участки	1968–2022	21	41,99	6–80
Коллекции клонов и гибридов	1976–2021	8	9,60	> 1 000
Мини-ротационные плантации	1991	3	1,20	10
Защитные лесные насаждения	1985, 1997	2	1,40	33
Коллекционно-маточные плантации	1968–2023	25	11,87	> 100
Итого		59	66,06	

- ✓ За последние 3 года выращено и передано предприятиям лесохозяйственного и озеленительного профиля более 25 тыс. стеблевых черенков, более 2 тыс. укоренённых саженцев различных генотипов тополей и 760 гибридных сеянцев осины.
- ✓ Получено 6 патентов и авторских свидетельств на сорта тополей ‘Болид’, ‘Ведуга’, ‘Степная Лада’ (автор А.П. Царёв); ‘Бриз’, ‘Сюрприз’ (авторы Р.П. Царёва и В.А. Царёв); ‘Белар’ (авторы А.П. Царёв и Р.П. Царёва). Еще один кандидат в сорта проходит процедуру получения патента на сорт тополя ‘Э.с.-38’ (авторы М.М. Вересин и А.П. Царёв).
- ✓ Опубликованы Рекомендации по выращиванию посадочного материала тополей методами *in vivo* и *in vitro* с целью закладки долгосрочных сортоиспытательных насаждений [Царев и др., 2023] и две монографии по селекции и гибридизации тополей [Царев и др., 2019, 2021б].

### 6.6.2. Селекция тополей и осин во ВГЛТУ

В лесах России наиболее распространен вид рода *Populus* – осина, её насаждения в 2014 г. занимали 24,04 млн га с запасом древесины 3 715 млн м<sup>3</sup>. Выявлены, описаны и внедряются в производство гнилеустойчивые, быстрорастущие и ценные по качеству древесины формы осины. Доказано значение для селекционного отбора различных форм осины по особенностям коры, типу ветвления кроны, срокам листо-распускания (ранняя и поздняя форма) и ряду других особенностей,

а также декоративных форм (пирамидальная, плакучая и др.) [Царев и др., 2019].

Особый интерес представляют обнаруженные в России триплоидные клоны осины, получившие название «исполинская осина» (*Populus tremula f. gigas*), которые отличаются мощным ростом, гнилеустойчивостью, хорошим качеством древесины. Они были изучены А.С. Яблоковым, С.П. Иванниковым, В.Т. Бакулиным, Ю.А. Таммом, Г.Я. Ярвекюльг, А.И. Сиволаповым [Сиволапов, 1980, 2005]. Запас древесины исполинской обоянской осины<sup>108</sup> в 90 лет составлял 565 м<sup>3</sup>/га, средняя высота деревьев – 33,5 м, средний диаметр – 43,0 см [Сиволапов и др., 1997].

В лесостепи Воронежской обл. аутохтонные тополя, кроме осины, представлены тремя видами: тополь белый (*Populus alba*), осокорь (*P. nigra*) и спонтанно гибридогенный вид – тополь сереющий (*P. canescens*). Выдающиеся (плюсовые) насаждения тополя белого в возрасте 80–95 лет в лесорастительных условиях С<sub>3</sub>–D<sub>3</sub> имеют запас до 1,2–1,5 тыс. м<sup>3</sup>/га, тополя чёрного (70 лет, С<sub>2</sub>) – до 0,6 тыс. м<sup>3</sup>/га [Кузнецова, 2023].

Наибольшее разнообразие форм тополя сереющего встречается в пойме рек Хопёр и Дон [Сиволапов, 2005]. В естественных насаждениях выделены: типичная, исполинская, крупнолистная, осиноподобная, узкокронная и полуплакучая формы этого вида [Сиволапов и др., 2014а]. Отобраны особи, древесина которых имеет высокую плотность (650 кг/м<sup>3</sup>) и длинное древесинное волокно (1,7 мм) [Сиволапов, 2007]. Триплоид тополя сереющего зарегистрирован как сорт для промышленного разведения<sup>109</sup> [Сиволапов, 2001]. С целью его сохранения и разведения на основе микросателлитного анализа составлен генетический паспорт. Плюсовые деревья вида клонированы прививкой в питомнике Учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ. Из укоренённых черенков от привитых растений создана маточная плантация, с которой путем черенкования зелеными черенками и клональным микроразмножением получены саженцы и созданы культуры [Сиволапов и др., 2014б]. Тополь сереющий относится к слабоукореняющимся видам деревьев. Опыты по размножению тополя сереющего представлены в монографии [Сиволапов, 2005].

Таким образом, в Воронежской обл. впервые в России (1976 г.) выявлены аллотриплоиды (миксиплоиды) тополя сереющего, на которых

<sup>108</sup> Исследования клона исполинской формы обоянской осины, проведенные спустя 40 лет после первой публикации, показали ошибочность описания ее как триплоидной, она оказалась диплоидной [Сиволапов и др., 1997].

<sup>109</sup> Патент на селекционное достижение № 118.

хорошо отработаны методы аналитической (отбор плюсовых насаждений и деревьев) и синтетической (полиплоидия, мутагенез, гибридизация, биотехнология) селекции, вегетативное, включая микрклональное, размножение и создание плантационных культур. Женский клон, отобранный в пойме реки Хопёр, стал родоначальником сорта тополь сереющий 'Хоперский 1'. Мужской клон, отобранный в пойме реки Дон близ села Прияр, стал родоначальником сорта тополь сереющий 'Приярский'.

Кроме тополей, отобраны также выдающиеся насаждения и деревья ветлы (*Salix alba*).

### 6.6.3. Селекция и изучение тополей в других регионах России

Работы по селекции тополей осуществляются не только в Воронежской обл., но и в других регионах России, например в Московской и Ленинградской областях. Выведенные ранее сорта изучают с целью определения их устойчивости и энергии роста в городских посадках, пригодности для плантационного выращивания и защитного лесоразведения, оптимизации методов выращивания [Иозус и др., 2014а; Сродных и др., 2014; Жигунов и др., 2016; Брынцев и др., 2019; Бускин, Жигунов, 2020; Эрст, Банаев, 2021]. При этом продолжают изучать и использовать для скрещиваний сорта и гибриды, полученные ещё в XX в. А.С. Яблоковым, А.М. Березиным, А.В. Альбенским, П.Л. Богдановым, М.М. Вересиным, Н.А. Коноваловым и др. выдающимися отечественными селекционерами. Значительный объём исследований по отбору ценных генотипов и гибридов тополей и ив был осуществлён на Урале [Шабуров, Беляева, 1995] и в Сибири [Бакулин, 1990, 2005]. Например, В.Т. Бакулиным получены многочисленные гибриды тополей, 7 из которых он особенно рекомендовал для целей озеленения в условиях Сибири. В частности, в условиях опытного полигона ЦСБС СО РАН и в озеленительных посадках Новосибирской обл. хорошо зарекомендовал себя тополь сибирский 'Серебристый № 12', полученный от скрещивания *P. alba* × *P. bolleana*, который к 20-ти годам достигает высоты 20,6 м, зимостоек и газоустойчив, размножается зимними стеблевыми черенками, декоративен [Бакулин, 2005; Эрст и др., 2019]. Изучаются внутривидовая изменчивость и спонтанная гибридизация тополей в природе и в культуре [Климов, Прошкин, 2017, 2021]. Среди гибридов обнаружены декоративные и быстрорастущие деревья, отобранные для дальнейшего изучения.

#### 6.6.4. Создание и изучение биоресурсных коллекций берёзы в Воронежской области

Начало исследований древесных видов по системам размножения положено Ю.Н. Исаковым с соавторами, изучавшими генетическую гетерогенность популяций основных лесообразующих видов по этому признаку [Исаков и др., 1989; Исаков, 1999]. В настоящее время эти исследования продолжают И.Ю. Исаков и др. авторы [Исаков, Исаков, 2015; Исаков, Мацнева, 2015; Исаков и др., 2017а,б, 2019; Isakov et al., 2019; Grodetskaya et al., 2020; Гродецкая и др., 2020; Isakov, 2021; Исаков, 2022]. По сути, речь идёт об оценке реакции перекрёстноопыляемых видов на самоопыление. В результате исследований установлено, что в популяциях многих видов, в том числе берёз, преобладают аллогамные генотипы, но с той или иной незначительной частотой встречаются и аутогамные (самоопыляемые без признаков инцухта) генотипы.

Достаточно продолжительный срок онтогенеза особей берёзы позволяет неоднократно получать вегетативное и генеративное потомство от отобранных ценных форм. К настоящему времени исследователи имеют систему объектов/коллекцию, включающую: 1) предварительно отобранные в местных естественных насаждениях деревья «родительского поколения» (РР) – 36 деревьев берёзы повислой и 63 дерева берёзы пушистой; также в систему объектов включены виды-интродуценты, деревья которых отобраны в географических культурах (берёзы бумажная, белокитайская, железная, лжеэрмана, маньчжурская, далекарлийская, вишнёвая, карельская); 2) гибриды первого поколения от свободного опыления (контроль –  $F_1$ ), самоопыления ( $I_1$ ) и гибридизации ( $H_1$ ), выращиваемые в различных лесорастительных условиях; 3) гибриды второго поколения.

Изучение этой коллекции по разным биохимическим, физиологическим и молекулярно-генетическим параметрам/признакам позволило оценить долю аутогамных генотипов в популяциях разных видов берёз, норму реакции алло- и аутогамных генотипов на экологические условия, а также получить представление о наследовании систем размножения и их связи с фенотипическими, в том числе «целевыми», признаками. Крайне важный вывод из проведённых исследований состоит в необходимости учёта при селекции берёз обнаруженного полиморфизма по системам размножения. На основе аутогамных форм (по аналогии с сельскохозяйственными растениями) возможно получение чистых линий и межлинейных гетерозисных гибридов; на основе аллогамных – получение сортов-популяций. В этой связи разрабатываются



методы клонального микроразмножения отобранных ценных генотипов, на стадии укоренившихся растений-регенерантов оценивается их норма реакции на добавление в почвенные субстраты различных компонентов [Исаков и др., 2017; Grodetzskaya et al., 2020]. Данное направление работ осуществляется ВГЛУ при партнёрстве с ВНИИЛГИСбиотех в рамках Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 годы<sup>110</sup>.

### 6.6.5. Селекция и интродукция берёзы карельской

Берёза карельская привлекает внимание потребителей и учёных благодаря наличию высокоценной узорчатой древесины. Работы по её селекции и интродукции ведутся уже более полувека [Соколов, 1950; Багаев, 1963; Любавская, 1966, 1978; Ветчинникова, 2003]. Наиболее широко применяются отбор ПД по косвенным признакам проявления «узорчатости» в древесине и контролируемое опыление. Эффективность отбора деревьев берёзы карельской с целевыми признаками повышается при учёте ее формового разнообразия, которое проявляется по целому ряду признаков, включая форму роста (высоко- и короткоствольная, кустообразная) и тип поверхности ствола (мелкобугорчатый, шаровидноутолщенный и ребристый). Косвенными признаками «узорчатости» являются выпуклости или утолщения, образующиеся на поверхности ствола [Ветчинникова и др., 2013].

Изучение показало, что при контролируемом опылении доля растений с ярко выраженными признаками «узорчатости» может достигать в потомстве 90% и выше [Ветчинникова, Титов, 2021a]. Успех гибридизации берёзы карельской в значительной степени зависит от подбора деревьев для скрещиваний. Однако длительный срок получения результатов гибридизации ограничивает использование метода.

Наиболее полно признаки и свойства берёзы карельской сохраняются в вегетативном потомстве, полученном, например, в результате клонального микроразмножения *in vitro*. В связи с этим наиболее эффективными являются клоновая селекция и вегетативное размножение: ранее – путем прививки, на современном этапе – путем клонального микроразмножения. Последнее может осуществляться различными способами, из которых, в связи с проблемой соматоклональной изменчивости, наиболее предпочтительным является активация развития

<sup>110</sup> <http://static.government.ru/media/files/1FErVexYSovYFduUn1tStWlKyrkTEmu.pdf>

меристем уже имеющихся в пазухах зачаточных листьев вегетативных почек, минуя процесс каллусообразования [Ветчинникова, Титов, 2022а].

Каждому морфотипу берёзы карельской свойственны свои особенности проявления селективируемого признака, что учитывается при отборе. Например, в целях получения из древесины шпона рекомендуется отбирать деревья высоко- и короткоствольной формы роста, а для изготовления из древесины небольших по размеру предметов, наоборот, предпочтительнее использовать низкорослые растения кустообразной формы роста. Наиболее насыщенная текстура древесины наблюдается у деревьев, имеющих мелкобугорчатый и шаровидноутолщённый типы поверхности ствола. Ребристый тип наименее желателен, поскольку он свидетельствует о слабой волнистости текстуры в древесине и проявляется в основном на начальных этапах развития. Обычно признаки узорчатости становятся визуально заметными на 8–10-й год жизни растений, спустя 30–40 лет возможность диагностики может быть затруднена вследствие утолщения коры. Прямых способов прижизненной диагностики узорчатой текстуры и определения степени насыщенности рисунка в древесине пока не найдено, в связи с чем особую актуальность приобретает развитие молекулярно-генетических методов идентификации ценных генотипов [Ветчинникова, Титов, 2023].

Большой объём данных получен по интродукции берёзы карельской, которая, благодаря относительной неприхотливости этого вида к экологическим условиям, оказалась довольно успешной. Опыт интродукционной работы насчитывает от 40 (Республика Марий Эл) до 70 лет (Московская обл.). В России география интродукции берёзы карельской очень широка и охватывает территории с различными природно-климатическими условиями – от лесотундры и северной тайги с умеренно холодным климатом до лесостепи и степи с резко континентальным и даже субтропическим внутриконтинентальным климатом [Ветчинникова, Титов, 2021б]. Один из наиболее важных результатов многолетней исследовательской работы состоит в том, что при интродукции в разные годы и в различных почвенно-климатических условиях у берёзы карельской сохраняются разнообразие форм роста и узорчатая текстура древесины [Любавская, 1978; Хакимова, 2002; Багаев, 2011 и др.]. Но для максимального проявления в семенном потомстве всех признаков и свойств необходимо использовать семена от контролируемого опыления деревьев с хорошо выраженными признаками узорчатости древесины [Любавская, 1966, 1978; Ермаков, 1986; Щурова, 2011;

Ветчинникова и др., 2013]. Проведённые исследования и созданные коллекции *in vitro* (более 100 генотипов) и *ex vitro* (около 800 генотипов) на площади около 8 га определяют условия для дальнейшей успешной селекции берёзы карельской на узорчатость древесины и интродукции в другие регионы России [Ветчинникова, Титов, 2021б,в].

### 6.6.6. Создание селекционно-семеноводческих объектов берёзы традиционными методами

По площади насаждений берёза – третья порода после лиственницы и сосны и первая среди лиственных пород России. Наибольшую лесоводственную ценность имеют берёзы повислая и пушистая, которые, несмотря на различие в числе хромосом ( $2n = 28$  и  $2n = 56$  соответственно), легко скрещиваются. В то же время даже по берёзе повислой при отборе на быстроту роста «селекционные работы ... относятся, в основном, к изучению формового разнообразия. Характер наследования этих форм изучен слабо. Опыты по гибридизации не доведены до получения взрослых растений и выведения перспективных сортов» [Царев и др., 2001].

Что касается отмечаемого многими исследователями формового разнообразия по особенностям корки и габитуса [Яблоков, 1962; Гроздова, 1979; Махнев, 1987; Царев и др., 2001, 2014; Коновалов, 1983, 2003; Ветчинникова, 2003; Погиба, Казанцева, 2014; Иозус, Завьялов, 2019; Кухар, 2021], то прослеживается связь этих параметров со скоростью роста и особенностями древесины, например, у берёзы повислой большей высотой ствола отличаются деревья с ромбовидно-трещиноватой коркой [Коновалов, 1983, 2003].

Несмотря на выраженный фенотипический полиморфизм, широкую распространённость и хозяйственную значимость берёзы, по состоянию на 2001 г. в 10 субъектах РФ было отобрано всего 449 ПД этой породы [Царев и др., 2001]. На 2023 г. в целом по России числятся 300 ПД и 32,5 га ЛСП-1, а также 5,4 га архива клонов и 0,5 га ИК этой породы (см. табл. 6.2). Эти цифры контрастируют с приведёнными выше данными, которые получены на генетико-селекционных объектах при соответствующих институтах и вузах (см. разделы 6.6.4 и 6.6.5). В совокупности они приводят к выводу о настоящей необходимости модернизации программ по селекции и семеноводству этой ценной породы и о значимости участия научных организаций в развитии лесного селекционного семеноводства.

### 6.6.7. Селекция дуба

Дуб – один из символов лесов России и одна из самых ценных твёрдолиственных пород. Наибольшее лесоводственное значение имеет дуб черешчатый. Он является перекрёстноопыляемым и долгоживущим видом и по сложности селекционной работы с ним приближается к хвойным породам. В частности, в связи с проблемностью его вегетативного размножения, большое значение имеют исследования по методам прививки, которые продолжают по сей день [Молотков и др., 1982; Лебедева, Прохорова, 2009; Морозова и др., 2016; Камалова и др., 2019]. Основные усилия селекционеров в настоящее время направлены на отбор экотипов и популяций дуба. Этому способствуют результаты исследований его популяционной структуры [Семериков, 1986], а также ГК, заложенных в 14 пунктах его ареала [Корчагин и др., 2020]. На основании исследований были внесены соответствующие предложения по уточнению лесосеменного районирования, а также выделены лучшие экотипы, рекомендованные для разведения в соответствующих лесорастительных условиях [Шутяев, 1998]. В частности, уточнены рекомендации по созданию культур в связи с фенологическими формами дуба. На богатых почвах с достаточным увлажнением лучше растёт дуб поздней формы, а на деградировавших солонцах – ранней. В аридной зоне европейской части России осуществляется изучение засухо- и солеустойчивости популяций и экотипов для защитного лесоразведения [Крючков и др., 2022].

В дубовых насаждениях встречаются триплоидные деревья, характеризующиеся повышенной энергией роста [Иевлев и др., 1978]. В недалёком прошлом были осуществлены исследования по межвидовой гибридизации дубов, которые показали перспективность этого подхода для повышения интенсивности роста и устойчивости культур [Пути..., 1985], однако его применение пока сдерживается сложностью вегетативной репродукции ценных гибридов.

Огромный вклад в создание селекционно-семеноводческих объектов этой ценной породы внесён сотрудниками ВНИИЛГИСБиотех, с участием и под методическим руководством которых отобраны 523 ПД и 103,5 га ПН, создано 1 511 га ПЛСУ, а также 63,2 га ЛСП-1, которые начинают плодоносить [Ширнин и др., 2018; Корчагин и др., 2020].

Информация о перспективах селекционного улучшения других твердолиственных пород содержится в учебниках по селекции, изданных под редакцией А.П. Царёва [Царев и др., 2001, 2014], а также будет представлена во 2-й книге монографии.

### 6.6.8. Селекция ольхи

В качестве примера селекции пород, которые не относятся к главным лесообразователям, но представляют интерес для отбора на быстроту роста и другие признаки, остановимся на видах ольхи. Среди них наибольшее лесоводственное значение в европейской части России имеет ольха чёрная. Черноольшаники широко распространены в Брянской, Калининградской и Рязанской областях, но наиболее продуктивные сохранились в Воронежской обл. Ольха чёрная произрастает на переувлажненных почвах в условиях  $D_4$ – $D_5$ , где никакая другая древесная порода расти не может. В этой связи вид представляет большой интерес для выращивания продуктивных лесов на таких территориях. При правильной технологии создания культур ольховые древостои имеют высокие таксационные и экологические показатели [Благодарова, 2011]. По этой причине ольха чёрная имеет огромное значение как источник биоэнергетического сырья и целлюлозы для короткоротационного хозяйства.

Большая часть древостоев ольхи чёрной в Хопёрском государственном природном заповеднике выделена в генетический резерват площадью 1 118 га. Средний запас древесины ольхи чёрной составляет 408 м<sup>3</sup>/га при ежегодном приросте 5,5 м<sup>3</sup>/га. Максимальный прирост отмечается в 40–45 лет. В лучших насаждениях высших классов бонитета средний запас достигает 630 м<sup>3</sup>/га, а ежегодный прирост – 11,2 м<sup>3</sup>/га при полноте до 1,4 и густоте от 322 до 981 шт./га. В лучших древостоях отобрано 20 ПД, 12 из которых зарегистрированы в Госреестре. ПД ольхи чёрной в возрасте 75–85 лет имели высоту 33–38 м, диаметр ствола – 41–61 см, диаметр кроны – 5–14 м, все стволы – прямые, полндревесные. У одного из отобранных ПД длина либриформа составила 1,46±0,03 мм (длинноволокнистая форма).

Черенки и семена от ПД ольхи используют при создании клоновых ЛСП, архива клонов и ИК, а также для размножения и сохранения методами *in vitro* [Благодарова, 1995; Благодарова и др., 2014; Сиволапов и др., 2014б]. Ценные биотипы ольхи были применены для гибридизации. ВНИИЛГСбиотех и ВГЛТУ проведено более 50 вариантов скрещиваний ольхи чёрной и серой [Сиволапов и др., 2014б], созданы полевые коллекции гибридов ольхи и тополя.

Большая работа по уточнению таксономии, изучению изменчивости, популяционной структуры, гибридизации и отработке методов сохранения и репродукции ценных генотипов разных видов ольхи,

произрастающих в азиатской части России, проведена Е.В. Банаевым с соавторами [Банаев, Шемберг, 2000; Банаев, 2011; Banaev, Važant, 2007]. Их исследования обеспечивают основу селекции данной породы, в том числе для создания сортов с целью повышения эффективности рекультивации переувлажнённых техногенных земель, в частности днищ шламовых амбаров нефтекомплекса Западной Сибири. Важно, что ольха является азотфиксирующей породой, поскольку образует симбиоз с почвенными бактериями *Frankia* [Banaev et al., 2008], что используется для повышения плодородия техногенных субстратов.

### 6.6.9. Селекция сосны обыкновенной

Селекция сосны обыкновенной, считающейся одной из самых ценных пород Евразии и «русским национальным деревом» [Правдин, 1964], как и большинства хвойных лесообразующих пород России, которые занимают доминирующее положение в таёжных лесах и имеют огромное хозяйственное значение, осложнена длительностью её онтогенеза, поздним вступлением в период плодоношения, повышенной чувствительностью к отклонениям от нормального набора хромосом ( $2n = 24$ ) и сложностью вегетативного размножения, в том числе методами клонального микроразмножения. Поэтому при селекции хвойных видов используют традиционную систему методов, включающих отбор популяций и климатипов, массовый отбор ПД, их индивидуальную генетическую оценку в ИК и архивах клонов. Вегетативное размножение сосны обыкновенной осуществляют с помощью прививки. Основные успехи селекции этого вида выражаются в относительно большом числе отобранных ПД и создании ЛСП-1, продуцирующих семена улучшенной селекционной категории.

По сосне обыкновенной в России отобрано 15,2 из 31,6 тыс. ПД всех видов (48%) и создано 3,2 тыс. из 5,8 тыс.га всех ЛСП-1 (55%), а также 108,2 из 109 ЛСП<sub>пц</sub> (99%) (см. табл. 6.2). Преобладающими направлениями отбора этого вида, как и других хвойных пород, являются быстрота роста и качество стволовой древесины. Наряду с отмеченными выше особенностями хвойных пород, сосна обыкновенная отличается также самым обширным ареалом и пониженной способностью к межвидовой гибридизации. Эти особенности предопределили наличие у этого вида большого количества внутривидовых таксонов (см. главу 3) и перспективность групповой/популяционной селекции [Молотков и др., 1982; Царев и др., 2001; Милютин и др.,

20136]. Неслучайно создание первых географических культур и наиболее объёмные опыты по закладке самой крупной серии ГК были осуществлены именно по этому виду (см. главу 7). По результатам этих исследований выявлены и продолжают выделяться климатипы, лидирующие в испытаниях и рекомендуемые для выращивания в качестве сортов-популяций [Шутяев, 2007; Роговцев и др., 2008; Кузьмин, Кузьмина, 2017; Новикова, 2017 и др.]. Например, по испытаниям 84 климатипов в южной тайге Красноярского края для выращивания на богатых почвах рекомендованы 15 климатипов, отличающихся превышением контроля по высоте ствола на 15%, обладающих удовлетворительной формой ствола и хорошей устойчивостью к патогенам [Кузьмин, Кузьмина, 2017; Кузьмин, 2023]. В лесостепи Новосибирской обл. при испытании 37 происхождений в качестве кандидата в сорт предложен Зеленодольский климатип, превышающий контроль по высоте на 4%, по запасу древесины – на 24%, по качеству ствола – на 13% [Роговцев и др., 2008]. При активном участии алтайских лесоводов на территории, арендуемой ООО «Алтай-Форест», создан первый в России ПЛСУ сосны на базе ПН, который в настоящее время производит семена улучшенной категории [Тараканов и др., 2001, 2021].

Значительным достижением популяционной селекции является запатентованный сорт-популяция сосна 'Острогожская', отличающийся повышенной засухоустойчивостью в условиях лесостепи Воронежской обл. [Кузнецова, Машкина, 2017; Кузнецова, 2023]. Следует отметить, что этот сорт был выделен как естественное насаждение по результатам его длительного изучения (включая и подрост) в природных условиях на протяжении многолетнего цикла погодных условий (включая сильные засухи) в сравнении с контрольным естественным насаждением в сходных лесорастительных условиях. Представляет несомненный интерес дальнейшее изучение этого сорта в сравнении с контролем в ИК (по потомству) с учётом динамики погодных условий.

Как отмечено выше, при выполнении программ по селекционному семеноводству сосны обыкновенной на территории России созданы значительные площади ЛСП-1, которые производят улучшенные семена этого вида, однако доля селекционно улучшенных семян в общем объёме заготовок по сравнению с советским периодом очень низка. Например, в Алтайском крае, лидирующем в Сибири по числу отобранных ПД, созданных ЛСП-1 и улучшенных ПЛСУ сосны, производственный сбор семян улучшенной категории за 2018–2022 гг. составил в среднем 13 кг/

год, или около 1,7% общего объёма заготовок (744,5 кг/год). Такая невысокая доля улучшенных семян в значительной мере обусловлена старением созданных ССО, высокой плотностью их насаждений и отсутствием механизмов для сбора шишек.

Помимо селекции на скорость роста, сосну отбирали также на повышение смолопродуктивности [Высоцкий, 2015; Высоцкий, Корчагин, 2018]. Отбор на этот признак представляет интерес не только из-за применения живицы в промышленности, но и в связи с устойчивостью смолопродуктивных форм к корневой губке. ПД, отобранные на повышенную смолопродуктивность, сохранены в архивах клонов и размножены на ЛСП-1. Изучается возможность отбора смолопродуктивных генотипов по косвенным морфологическим признакам шишек и семян [Петрик, 2006]. Показана перспективность отбора сосны на элементный состав фитомассы, антимикробную активность, устойчивость к конобионтам и фитопатогенам [Тараканов и др., 2007, 2017; Никитина и др., 2012; Чиндяева и др., 2015; Гончарова и др., 2022].

Для повышения эффективности селекционного семеноводства этой ценной породы, как отмечалось выше, необходимы модернизация методик создания ССО, инвентаризация и оценка состояния всех объектов ЕГСК, разработка соответствующих программ и их финансирование. Определённым достижением в области повышения эффективности селекционного семеноводства сосны обыкновенной можно считать разработку ЗСО ИЛ СО РАН – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН программ по лесному семеноводству на ближайшие 20 лет, которые были утверждены региональными министерствами природных ресурсов Новосибирской обл. и Алтайского края. Также нельзя не отметить профинансированное Рослесхозом создание к 2025 г. первой в Сибири ЛСП<sub>пнц</sub> сосны в Новосибирской обл. [Тараканов и др., 2021]. Аналогичная программа по селекции сосны и ели разработана, но пока не утверждена региональным министерством в Пермском крае [Рогозин, 2016]. Большие усилия по разработке новых программ и рекомендаций для европейской части России предпринимает ВНИИЛГИСБиотех [Корчагин и др., 2020]. Не вызывает сомнений, что имеющийся научно-производственный потенциал в этой сфере может быть эффективно реализован только при соответствующей государственной поддержке. Если это произойдёт, то объём производства семян улучшенной и даже сортовой категорий сосны обыкновенной будет существенно увеличен в ближайшие годы.



### 6.6.10. Селекция лиственницы

Лиственница ценится за быстроту роста и качество древесины, отличающейся повышенной плотностью и прочностью, что предопределило основное направление её селекции. Это наиболее распространенная порода в лесах России, которая отличается довольно большим числом видов, способностью к межвидовой гибридизации, небольшим радиусом разлёта относительно тяжёлой пыльцы и относительно небольшими размерами популяций в сравнении с сосной [Милютин, 1974, 2010; Молотков и др., 1982; Ирошников, 2004; Семериков, 2007; Коропачинский, Милютин, 2011; Милютин и др., 2013а]. Для лиственницы доказана перспективность селекции на межвидовой гетерозис и рациональность клонального размножения, в том числе с помощью прививки, ценных гибридов [Молотков и др., 1982; Храмова, 1988; Ирошников, 2011]. Различные виды лиственницы, особенно сибирская, даурская, Каяндера и Сукачёва, активно изучаются на предмет внутривидовой изменчивости и дифференциации популяций по морфологическим и генетическим маркерам [Путенихин, 2000; Путенихин и др., 2004; Семериков, 2007; Ветрова и др., 2018].

Наиболее комплексное исследование по анализу изменчивости, особенностей популяционной структуры, отбору выдающихся деревьев, отработке методов размножения с помощью методов *in vitro*, разработке рекомендаций и созданию опытных объектов для сохранения генофонда и селекции лиственницы Сукачёва на Урале выполнено В.П. Путенихиным с соавторами [Путенихин, 2000; Путенихин и др., 2004]. В частности, ими созданы опытные плантации на площади около 5 га для изучения межпопуляционного и межвидового гетерозиса лиственниц. Довольно обширные опыты по испытанию потомства климатипов лиственницы заложены в Воронежской обл., Красноярском крае и в других регионах страны [Дерюжкин, 1970; Ирошников, 1977; Макаров, 1999; Николаева и др., 2019; Корешков, Царева, 2021; Кулаков, Сиволапов, 2023]. Они представляют большой интерес для выделения сортов-популяций и плюсовых деревьев этой ценной породы.

На основе ПД лиственницы сибирской, отобранных в Линдуловской роще Ленинградской обл., созданы клоновые плантации и выявлена существенная межклоновая изменчивость, что свидетельствует о перспективности селекции этого вида в условиях интродукции [Алексеев и др., 2014а].

Этот вид отличается засухоустойчивостью и очень высокой урожайностью семян на ЛСП, созданной в условиях степи в Нижнем Поволжье [Иозус и др., 2014б]. Однако на ЛСП и ПЛСУ высока вероятность поражения лиственницы почковой галлицей (*Dasineura rozkovi* Mam. et Nik.), что приводит к резкому снижению семеношения деревьев [Буглова, 2000].

### 6.6.11. Селекция кедра

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica*), которую в лесоводственной литературе принято называть кедр сибирский, отличается не только декоративными качествами, но и рядом хозяйственно ценных свойств. Декоративность сосны кедровой сибирской, огромный потенциал использования её семян в пищевой промышленности, наличие живицы, полезной для фармацевтических нужд, – качества, которые давно привлекали селекционеров и определили основные направления её отбора: на урожайность семян, смолопродуктивность и декоративность. Развёртыванию работ по селекции кедра сибирского предшествовало изучение изменчивости природных популяций и особенностей генеративного цикла вида [Некрасова, 1972; Ирошников, 1985].

На основе ранее опубликованных рекомендаций по ретроспективной оценке урожайности кедровых лесов по следам от шишек [Шарнас, Джебеян, 1934] и результатов собственных исследований Т.П. Некрасовой и А.И. Земляным [1980] была разработана первая официальная методика по отбору ПД кедра на семенную продуктивность. В связи с трудоёмкостью поднятия в крону эта методика не нашла широкого применения. На основе многолетних исследований горных кедровников Алтая Е.В. Титовым совместно с А.И. Ирошниковым была разработана новая методика двухэтапного отбора кедра на семенную продуктивность. На первом этапе наземных наблюдений осуществляется отбор кандидатов в ПД, отличающихся повышенным числом женских побегов в кроне. На втором этапе отобранные кандидаты обследуют более тщательно с оценкой: 1) общего количества плодоносящих побегов, 2) средней доли ежегодно плодоносящих побегов, 3) среднего количества зрелых шишек на побеге, 4) средней массы зрелых семян в шишке. Перемножением этих показателей определяется общий урожай ореха на дереве, который у ПД должен быть не менее чем на 70% выше среднего для ПД (при данных условиях и возрасте ПД). Критерии

отбора дифференцированы для различных высотных поясов и полноты насаждений Северо-Восточного Алтая. Выбор для селекционных исследований в качестве модельного района Северо-Восточного Алтая основан не только на факторе обилия вида. Ранее данный район был определен как зона экологического оптимума кедра [Лебединова, 1952]. Более того, последнее комплексное исследование филогеографии кедра пролило свет на статус Горного Алтая как одного из немногих мест сохранения кедровых лесов во время неблагоприятных периодов позднего плейстоцена [Shuvaev et al., 2023]. Это предполагает наличие на Алтае значительных запасов генетического разнообразия вида, что особенно ценно для селекции кедр.

В дальнейшем генетическую оценку ПД проводили путем испытаний вегетативного потомства. При подтверждении повышенной урожайности в потомстве ПД его переводили в сорт-элиту. Подробности отбора ПД и выведения сортов-клонов по семенной продуктивности, а также создания на сортовой основе кедросадов описаны в монографиях [Титов, 1990, 2004, 2008, 2015, 2021]. Используя разработанный подход, Е.В. Титов первым вывел патентованные сорта кедр по семенной продуктивности – ‘Кедроградский’ и ‘Романтик’. Например, сорт ‘Кедроградский’ отличается крупными шишками и семенами (масса 1 000 шт. – 346 г) и большой массой полнозернистых семян в шишке (около 38 г), на 70–80% превышающей средние значения.

Описанный выше метод отбора ПД по семенной продуктивности практически не зависит от размера текущего урожая, что позволяет проводить отбор в любое время. С.Н. Горошкевич и др. авторы [Горошкевич, 2000; Татаринцева и др., 2011] на основе длительного изучения особенностей плодоношения и структуры кроны, зависимости урожая от метеорологических факторов в условиях южной тайги Западной Сибири пришли к выводу, что отбор ПД рационально осуществлять по прямому признаку (среднепогодному урожаю зрелых шишек и семян) в средне- и высокоурожайные годы, нормируя общий урожай на экологически лабильный признак – площадь проекции кроны.

На декоративность кедровых сосен обращают внимание представители научной школы С.Н. Горошкевича<sup>111</sup> и многие другие исследователи [Ирошников, Твеленев, 1996; Горошкевич, 2008; Путенихин, 2008; Кузнецова, 2010 и др.]. Рассматривая вопросы эволюции, генетической

---

<sup>111</sup> ИМКЭС СО РАН, г. Томск.

дифференциации видов и популяций, гибридизации и селекции 5-хвойных сосен, С.Н. Горошкевич с учениками изучают генетическую природу различных наследующихся уклонений от нормы (мутаций), имеющих декоративное значение и затрагивающих размеры, ветвление, окраску и размеры хвои и т.д. На основании этих исследований получены многие ценные генотипы и гибриды, выведены декоративные сорта-клоны, в том числе с использованием мутантов типа «ведьминой метлы». Результаты этих исследований отражены в многочисленных публикациях и монографиях, а также на сайте «Сибирская академия деревьев и кустарников»<sup>112</sup> [Горошкевич, 2000, 2008, 2019а,б, 2021; Ямбуров, Горошкевич, 2007; Васильева, Горошкевич, 2012; Vasilyeva, Goroshkevich, 2018; Велисевич, Горошкевич, 2021].

Красноярские исследователи Р.Н. Матвеева с соавторами пошли путём концентрации генофонда кедр в географических коллекциях, выращиваемых в контролируемых лесорастительных условиях при разной густоте и сомкнутости крон [Матвеева и др., 2006, 2016, 2017, 2020, 2022]. Отбор ПД в коллекциях осуществляется ими по прямому признаку – урожаю шишек и семян. Выявлены клоны с различной реакцией на декапитацию. Преимущество данного подхода – в выровненности экологических условий и возраста деревьев, а также в возможности выявления полезных уклонений на ранних этапах онтогенеза, которые в естественных насаждениях могут элиминировать, что повышает эффективность отбора.

Исследуя архивы клона кедр из Елбашинского селекционного питомника Новосибирской обл., А.И. Земляной с соавторами выявили значимые различия между клонами по различным элементам семенной продуктивности, особенно по числу однолетних шишек на дереве [Земляной и др., 2010]. По результатам этих и других исследований намечены кандидаты в сорта-клоны по семенной продуктивности.

Значительный объём исследований по оценке географической изменчивости вида в Западной Сибири и отбору ПД кедр на смолопродуктивность в Республике Алтай осуществлён Ю.Н. Ильичёвым [Ильичев, Демиденко, 1981; Ильичев, 1999, 2012; Ильичев, Тараканов, 2013; Ильичев, Шуваев, 2016]. По результатам этих исследований выявлены центры расположения продуктивных кедровников, перспективных для селекции; разработаны методы отбора плюсовых деревьев

<sup>112</sup> <https://sadik.tomsk.ru/>

и насаждений, а также создания архивов клонов и прививочных ЛСП-1 в условиях Горного Алтая. На основе разработанной методики по оценке удельного объёма живицы, выделившегося с единицы среза, к плюсовым относят деревья, смолопродуктивность которых выше среднего в 2 раза и более. Выявлена связь смолопродуктивности с признаками габитуса, корки, шишек, семян и хвои.

По данным на 2012 г., в Республике Алтай клонировано 282 ПД, а общее число привитых деревьев составило 4 837 шт. На уникальных прививочных плантациях кедра в Пыжинском участковом лесничестве Турочакского лесничества сконцентрированы потомки ПД, отобранных на смолопродуктивность, семенную продуктивность и быстроту роста. Их изучение свидетельствует о перспективности клоновой селекции на все признаки. При этом высокосмолопродуктивные генотипы обнаружены также и в группе клонов ПД, селективируемых на быстроту роста и семенную продуктивность. Урожайность ЛСП-1 и улучшенных ПЛСУ в возрасте 29–34 лет сопоставима с урожаем спелых естественных кедровников [Бородинцева и др., 2023]. Показано, что на скорость роста и ветвление кроны привитых деревьев значительное влияние оказывает возраст ПД, с которых заготавливают черенки [Велисевич, Горошкевич, 2021]. Возможно, что такого рода возрастные последствия связаны с эпигенетическими факторами и сказываются также на интенсивности семеношения и устойчивости привитых деревьев.

В последнее время большую тревогу вызывает распространение на ССО фитопатогенного гриба дотистромы (*Dothistroma septosporum* (Dorog.) M. Morelet.) [Ильичев, Шуваев, 2016]. На всех семеноводческих объектах кедра в Республике Алтай и Новосибирской обл. образуются также благоприятные условия для размножения насекомых-конобионтов. К наиболее распространённому из них относится шишковая огнёвка (*Dioryctria abietella* Schiff.), по устойчивости к которой клоны существенно различаются [Гончарова и др., 2021].

### 6.6.12. Селекция ели и пихты

Ель – еще одна важнейшая порода-лесообразователь таёжных лесов, особенно в европейской части России. Наибольшие площади в стране занимают ели европейская и сибирская, а также продукт их гибридизации – ель финская. В монографиях Л.Ф. Правдина [1975] и А.М. Шутовой [2007] рассмотрены результаты исследования ГК этой породы

и отмечены лучшие климатипы. У ели выделены рано- и поздне­рас­пускающиеся формы, а также другие по типу кроны, цвету мега­стро­билов, особенностям строения корки и типу ветвления. Отмечается ценность для селекции ели гребенчатой формы ветвления, поскольку этот фенотип характеризуется значительным приростом по высоте [Попов и др., 1986]. Отбор по этому косвенному признаку в молодняках ели может повысить продуктивность спелых насаждений на 15–20%. В Сибири объёмы ССО этой породы незначительны. Например, в Новосибирской обл. по итогам инвентаризации оставлены в реестре 62 ПД и 5 га улуч­шен­ных ПЛСУ ели [Болонин и др., 2010], в Алтайском крае – 53 ПД, 8 га ЛСП-1 и 1,37 га ИК [Бондарев, Кальченко, 2010]. Наибольшее количество ССО ели создано в европейской части России и на Урале. В качестве при­ме­ра приведём данные по селекции ели европейской на Северо-Западе России и ели финской в Пермском крае.

В Ленинградской и Псковской областях отобрано 667 ПД ели евро­пей­ской, потомствами которых создано 65,2 га ИК, пригодных по воз­ра­сту для выделения предэлиты и элиты. У ели возможно также полу­че­ние вегетативного потомства черенкованием, однако такие деревья отстают в росте от одно­воз­растных деревьев семенного происхождения и не рекомендуются для использования [Бондаренко и др., 2022]. По результатам оценки быстроты роста полусибсовых потомств ели сде­ланы выводы о существенных межсеме­йных различиях и возможности отбора предэлиты и элиты в объёме около 20% испытываемых семей [Бондаренко, Жигунов, 2007, 2016а,б, 2020; Жигунов и др., 2012; Жигунов, Бондаренко, 2018; Бондаренко и др., 2022]. Максимальное пре­вы­ше­ние над контролем лучшей семьи по высоте ствола составляет 15%, по объёму – 120%. Авторами также сделан вывод о стабилизации рангов семей приблизительно с 7–8-летнего возраста и о возможности окон­ча­тельной оценки испытаний ПД этой породы в возрасте 20 лет. При закладке ИК рекомендуется использовать около 200 деревьев на семью, а при их изучении ориентироваться, прежде всего, на высоту ствола. В ходе комплексной оценки около 100 ПД по данным изучения как семенных, так и вегетативных потомств выявлены лучшие варианты для создания ЛСП-1,5 и ЛСП-2. На основании проведённых исследова­ний разработана поэтапная схема селекции ели европейской, включаю­щая в том числе гибридизацию с елью сибирской и контролируемые скрещивания.

Селекция ели финской в Пермском крае осуществляется на основе изучения как природных популяций, так и уникального

объекта – лесных культур А.Е. и Ф.А. Теплоуховых [Рогозин, Разин, 2011]. В них были отобраны ПД и изучены их полусибсовыи потомства. При этом 301 ПД было отобрано в 7 естественных насаждениях/популяциях и 152 ПД – на 5 участках культур, отличающихся по густоте посадки. На этих же участках культур для сравнения были отобраны нормальные и минусовые деревья в количестве 72 шт. От всех деревьев было получено около 15 тыс. полусибсовых саженцев. Также в качестве контроля из смеси семян от 30 «случайных» деревьев этих же популяций были выращены около 800 саженцев. Опыт осуществлялся на 16 га на протяжении около 25 лет в двух вариантах густоты ИК: редкие и густые. Детали экспериментов и результаты описаны в монографии [Рогозин, 2018]. Сравнительный анализ результатов с учётом различной густоты произрастания материнских ПД и их потомств, а также особенностей химического состава хвои и диссиметрии в охвоении побегов [Рогозин и др., 2017] позволил авторам сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Семенное потомство ПД ели финской проявляет свои «плюсовые» свойства по скорости роста при соответствии густоты выращивания потомства густоте роста ПД. Эффективность отбора может быть повышена при дополнительном учёте косвенных признаков – хемомаркёров и диссиметрических особенностей деревьев.

2. Разные популяции ели существенно различаются по селекционному потенциалу.

3. Индивидуальный отбор по потомству в краткосрочных опытах более эффективен, чем массовый отбор.

4. При выведении быстрорастущих сортов ели для плантационного выращивания селекцию следует начинать с отбора максимально возможного числа природных и искусственных популяций, с густотой при посадке 1,0–1,3 тыс. шт./га, близкой к густоте плантационных культур. Такую густоту в древостоях старше 50 лет идентифицируют по сбегу ствола 1,40–1,45 см/м.

5. В Пермском крае хорошие возможности по густоте и возрасту для отбора ПД имеются на 70 га семенных участков ели, созданных в 1988–1997 гг. смесью семян ПД. Здесь можно выделить 5 000 семенных деревьев и заложить опыты по испытанию их потомств.

6. В процессе 12–15-летних испытаний по разработанной методике [Рогозин, 2018] на 1-м этапе выделяют 500 лучших по потомству (предэлитных) деревьев, на основе которых могут быть созданы ЛСП для производства улучшенных семян. На 2-м этапе краткосрочных

испытаний предэлитных деревьев отбирают 70–100 элитных деревьев, формирующих основу промышленного сорта ели финской.

7. Разработанная схема селекции ели финской сокращает затраты на выведение сорта в 8–11 раз.

Что касается рода Пихта, то в России наибольший ареал имеет пихта сибирская, доминирующая в черневых лесах юга Сибири [Седых, 2009]. Особенности биологии семеношения пихты изложены в монографии [Некрасова, Рябинков, 1978] и продолжают уточняться в связи с усыханием пихтачей [Бажина, Третьякова, 2001]. Эта ценная в экологическом, декоративном и фитонцидном отношении порода наименее изучена и слабо вовлечена в селекционный процесс [Царев и др., 2001]. В определённой мере это обусловлено меньшей ценностью её древесины и низкой устойчивостью к атмосферному загрязнению. Пихта систематически повреждается пихтовым семеедом (*Megastigmus specularis* Walley). В настоящее время наблюдается её массовое усыхание под влиянием уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford) [Кривец и др., 2015]. В Новосибирской обл. сохранились 72 из 145 ПД пихты, отобранных на скорость роста Ю.Б. Алексеевым, но в настоящее время они находятся в перестойном возрасте [Тараканов и др., 2019]. Их планируется воспроизвести в архиве клонов. Крайне актуальны сохранение генофонда и селекция этого регрессирующего вида на устойчивость к вредителям и атмосферному загрязнению, а также на фитонцидность и декоративность.

### 6.7. Региональные особенности селекции и интродукции хвойных пород

Несмотря на определённую «генерализованность» схем селекции, поддерживаемую комплексом регламентирующих документов, в каждом регионе в силу специфики условий, включая научные предпочтения и достижения кураторов из научно-исследовательских институтов, при реализации программ по селекции и семеноводству возникли обоснованные региональные модификации методов и проявились уникальные особенности как самих объектов ЕГСК, так и в их соотношении. Они частично показаны в предыдущих разделах главы. Мы планируем продемонстрировать это многообразие в полном объёме в следующей книге монографии. Здесь же приведём характерные особенности программ и достижений в лесном семеноводстве на примере некоторых регионов России.



### 6.7.1. Селекция сосны обыкновенной в таёжной зоне Европейского Севера России

**Республика Карелия.** С начала 1970-х гг. по настоящее время в Карелии отобрано по фенотипу около 1 700 ПД сосны обыкновенной, из них на 01.01.2023 в реестре числятся 1 143 экз. Вегетативные потомства (клоны) большинства из них произрастают на трех ЛСП-1 (Олонецкой, Петрозаводской и Заонежской) на площади 347,0 га. Для сохранения генофонда также заложено 5,5 га клоновых архивов. Площадь ИК составляет 16,1 га, где генетическую оценку по семенному потомству проходят 228 ПД. ИК представлены двумя участками, заложенными в 1984–1989 гг. (11,1 га) и в 2012 г. (5 га).

В Карелии с 2007 г. на систематической основе осуществляется комплексная селекционно-генетическая оценка ПД сосны обыкновенной по показателям габитуса, вегетативного роста и репродуктивной активности их клонов на ЛСП, а также по скорости роста полусибсовых семенных потомств в ИК [Раевский, Щурова, 2016]. В результате проделанной работы была получена комплексная характеристика 123 ПД сосны. Результаты исследований свидетельствуют, что для достоверной селекционной оценки вегетативных потомств ПД на ЛСП необходимы наблюдения в течение не менее 3-х последовательных вегетационных периодов, а надёжные предварительные оценки полусибсовых потомств могут быть получены с 7-летнего возраста при общем сроке испытаний в ИК, не превышающем 25 лет. Отбор кандидатов в элиту осуществлялся по совокупности признаков габитуса, ростовым показателям и обилию семеношения с акцентом на два признака: скорость роста в высоту и количество полнозернистых семян на рамету. По результатам селекционно-генетической оценки из 123 ПД было отобрано 20 кандидатов в элиту при интенсивности отбора  $\approx 15\%$  [Раевский и др., 2020]. В 2019–2020 гг. на Петрозаводской ЛСП-1 с выбранных клонов были заготовлены черенки, в теплице питомника «Вилга» выполнена их прививка методом «вприклад сердцевинной на камбий» и выращен привитой посадочный материал. В 2021–2023 гг. данными привитыми саженцами на площади 5,0 га была заложена ЛСП-1,5 в составе 20 ПД (клонов).

**Республика Коми.** В Республике Коми отобрано по фенотипу 1 390 ПД сосны обыкновенной. Семенное и вегетативное потомство большинства из них (1 175 шт.) представлено на трех ЛСП (Сыктывкарской, Сысольской и Прилузской) общей площадью 140 га. Для сохранения генофонда заложены 14,4 га клоновых архивов, в которых

высажено 146 клонов ПД. В испытательных культурах (13,9 га) генетическую оценку по семенному потомству от свободного опыления проходят 598 ПД. ИК закладывали в 1988–2005 гг. [Туркин, 2007], и к настоящему времени значительная часть из них достигла II класса возраста, что позволяет произвести отбор деревьев для закладки ЛСП повышенной генетической ценности.

Значительный научный и практический интерес представляет серия экспериментальных культур сосны обыкновенной, которая была заложена в 2002–2003 гг. совместно с Институтом лесного хозяйства Швеции в 7 пунктах: 4 – в северной Швеции и 3 – в Республике Коми [Andersson et al., 2003]. Все участки содержат идентичный по происхождению материал: 266 полусибсовых семей (100 из Швеции и 166 из Республики Коми), а также популяционные образцы. Исследование культур в первые годы жизни показало лучшую выживаемость растений российского происхождения по сравнению со скандинавским [Федоров, 2011]. Проведённое одновременно параллельное исследование сезонной изменчивости роста побегов на шведском (Баксьен) и российском (Сыктывкар) участках показало более раннее начало и окончание роста растений российского происхождения [Andersson et al., 2018].

**Архангельская и Вологодская области.** На территории Архангельской обл. для селекционной работы по сосне обыкновенной отобрано по фенотипу 256 ПД. Создана ЛСП на площади 3 га. В Обозерском лесхозе в 1972 г. сотрудниками Архангельского института леса и лесохимии (ныне СевНИИЛХ) разносемядольными потомствами популяции из семян двух репродукций, собранных в годы обильного и слабого урожая, были заложены экспериментальные культуры сосны обыкновенной на площади 0,7 га.

На территории Вологодской обл. выделено 238 ПД сосны и создано 67,8 га ЛСП-1. Для сохранения генофонда заложено 12,6 га клоновых архивов сосны и ели, заложено 10,0 га маточных плантаций. Высокую научную ценность представляют ИК сосны, заложенные разносемядольными потомствами, выращенными из семян, собранных на ЛСП, ПЛСУ, в естественных ценопопуляциях, а также с деревьев разной степени охвоенности в 1976 (3,6 га), 1977 (2,9 га), 1979 гг. (3,0 га). В 1983 г. создан объект площадью 3,6 га, где проводилось испытание потомств с ЛСП от свободного и контролируемого опыления. За всеми ИК, начиная с выращивания растений в питомнике и высадки на лесокультурную площадь, проводили регулярные наблюдения [Файзулин и др., 2014, 2015; Файзулин, Сеньков, 2019]. Многолетними исследованиями

установлена взаимосвязь между количеством семян долей и ростом растений. Также доказано, что лучшим ростом отличается потомство из семян, заготовленных на ЛСП.

### 6.7.2. Селекция и интродукция хвойных пород в Республике Башкортостан

В Башкирии научно-производственные работы по лесной селекции начались в 1950-х гг. [Из истории..., 1981]. В настоящее время ЕГСК республики по хвойным породам характеризуется следующими основными показателями: 871 шт. ПД, 903,1 га ПН, 122,7 га ЛСП-1, 349,8 га ПЛСУ, 3,9 га ИК, маточные плантации – 8,3 га, архивы клонов – 14,2 га.

В 1965–1979 гг. на территории Башкирии заложены ГК лиственницы (5 участков), сосны (5 участков) и ели (1 участок) [Нугаев, 1981]. В 1985–1986 гг. в Башкирском Предуралье созданы ЛСП лиственницы межпопуляционного и межвидового типа скрещивания (2,3 га и 2,4 га соответственно) [Путенихин, 2009]. В последние годы изучены состояние, ростовые и репродуктивные показатели ряда плодоносящих ЛСП и ПЛСУ сосны обыкновенной [Коновалов, Насырова, 2015].

На основе популяционных исследований в Республике Башкортостан создано 7 генетических резерватов лиственницы Сукачёва [Путенихин, 2009]. В естественных популяциях и искусственных насаждениях отобраны нетипичные формы деревьев в качестве исходного материала для селекции на декоративность и другие признаки (около 15 форм пяти видов хвойных). С 2000-х гг. осуществляется комплексная таксационная, селекционная и экологическая оценка лесных, лесоводственных и дендрологических памятников природы Республики Башкортостан, выделенных в хвойных насаждениях [Путенихин, 2012].

На основе методов фенотипического, генетического (изоферментного) и кариологического анализа установлено, что сосна обыкновенная на Южном Урале и в Башкирском Предуралье дифференцирована на 3 локальные биологические популяции, ель сибирская – на 4, лиственница Сукачёва – на 6 (4 + 2 частично «заходящие» с севера). Для оценки внутривидового разнообразия по морфологическим признакам предложены и апробированы показатели «ожидаемой» и «наблюдаемой» фенотипической изменчивости [Путенихин и др., 2004, 2005; Путенихин, 2009; Шигапов и др., 2009].

В качестве практического селекционного подхода для поддержания и повышения уровня генетического разнообразия создаваемых

искусственных насаждений разработаны схемы формирования межпопуляционных смесей семян (межпопуляционных лесных культур) [Путенихин, 2006, 2009]. Предложена также методика «комбинированной оценки» для отбора селекционно-ценных насаждений в пределах популяций с относительно сбалансированным сочетанием разнообразия, продуктивности и устойчивости.

В Республике Башкортостан проведено интродукционное изучение биологических и лесоводственных особенностей таких хвойных видов, как ель колючая (форма голубая), кедр сибирский, псевдотсуга Мензиса, сосны веймутова и желтая; выделены, в частности, селекционно-ценные насаждения, которые могут использоваться для сбора семян местной репродукции.

### 6.7.3. Перспективы интродукции сосны скрученной в европейской части России

Для Европейского Севера России перспективной, как по продуктивности насаждений, так и по качеству получаемой целлюлозы, признана сосна скрученная (*Pinus contorta*). Интродукция этого вида на Европейский Север России была начата в 1979 г. сотрудниками АИЛиЛХ (в настоящее время СевНИИЛХ) под руководством В.Н. Нилова. В результате проведенных работ создано 53 га опытных плантаций в Архангельской и Вологодской областях, Республике Коми [Демидова и др. 2016, 2018а,б]. В 2004 г. в Республике Коми под руководством А.Л. Федоркова заложено 4,6 га ИК сосны скрученной [Федорков, Туркин, 2010]. Б.В. Раевским в Республике Карелии создано 22 га опытных посадок этого вида, включая ЛСП [Раевский, 2004].

Преимущество сосны скрученной в наибольшей степени проявляется на лесных промышленных плантациях, где она к 40 годам достигает возраста рубки на балансы и на 30–40% превосходит по продуктивности местные ель и сосну [Раевский, 2010; Демидова и др., 2017а,б]. Отечественный опыт посадок сосны скрученной показал, что перспективным регионом для её выращивания является Северо-Запад России: Архангельская и Вологодская области [Демидова и др., 2016, 2018а,б, 2020], Ленинградская и Новгородская области [Маркова, Жигунов, 1999; Алексеев и др., 2014б], республики Коми [Федорков, Туркин, 2010; Fedorkov, 2010; Гутий и др., 2016а,б; Демидова и др., 2017а,б] и Карелия [Раевский, 2009, 2010, 2013, 2015]. Именно здесь она превосходит местные породы по производительности.

Успех создания плантаций сосны скрученной зависит от выбора материнской популяции, степени соответствия ее фитоценологических особенностей почвенно-климатическим условиям, в которых создаются культуры, полноты представленных генотипов, их способности к адаптивной изменчивости и семенной репродукции, от технологии создания и ухода за культурами, определяющей их сохранность. В результате интродукционного испытания эти исследовательские задачи были в значительной мере выполнены, но для дальнейшего использования сосны скрученной как быстрорастущей породы, для целей плантационного выращивания необходимо создание собственной семенной базы. Одним из этапов такой работы является отбор лучших деревьев и создание ИК. Отбор лучших деревьев сосны скрученной направлен на сохранение наиболее устойчивых особей для дальнейшей репродукции. Такой отбор способствует проявлению адаптивной изменчивости и служит повышению устойчивости и долговечности насаждений в России [Демидова и др., 2018а,б, 2020, 2021а,б, 2022; Demidova et al., 2022a,б].

## 6.8. Краткие итоги исследований

В Российской Федерации был создан хороший задел для дальнейшего развития лесного селекционного семеноводства в виде селекционно-семеноводческих объектов (ССО или ЕГСК). Однако из-за реорганизации лесной отрасли и отсутствия должного финансирования намеченные работы в основном были «заморожены» с начала 1990-х гг. по настоящее время. Допущенные при создании ССО научные ошибки (прежде всего в части громоздкости и неоправданной длительности испытаний ПД по потомствам) и недочёты могли быть выявлены значительно раньше и уже исправлены, если бы работы не были остановлены.

Первоочередными мероприятиями в области лесного селекционного семеноводства являются: инвентаризация всех ССО, модернизация нормативной базы, разработка новых региональных программ на ближайшие десятилетия и проектов на создание ССО по модернизированным методикам, а также формирование ускоренными темпами новых ССО взамен «перестойных».

Элементы методик селекционного процесса, ориентированного на создание лесосырьевых плантаций с ускоренным оборотом рубки (в 60 лет), уже разработаны и опробованы:

- ✓ отбор ПД в более молодом возрасте, до начала проходных рубок (61 год) [Рогозин, 1983, 1990; Федорков, Туркин, 2009; Федорков, 2011; Раевский и др., 2020; Тараканов и др., 2021];
- ✓ закладка ИК при меньшей численности потомств [Туркин, Федорков, 2007; Федорков, Туркин 2009; Раевский и др., 2020; Бондаренко, Жигунов, 2016а] и густоте лесосырьевых плантаций не более 2 тыс. шт./га [Тараканов и др., 2021];
- ✓ ускоренное выделение элиты в возрасте ИК – не более 20 лет, в период кульминации роста культур по высоте [Рогозин, 2009, 2019; Федорков, Туркин, 2009; Раевский и др., 2020; Бондаренко, Жигунов, 2016б].

Элементарные расчёты показывают, что внедрение перечисленных выше элементов методик сократит скорость выведения сортов в 2–3 раза [Тараканов и др., 2024].

Методы геномики и современных биотехнологий, которые относятся к технологиям будущего, по мнению молекулярных генетиков и биотехнологов, могут резко ускорить процесс лесной селекции и радикально повысить её эффективность. Следует, однако, отметить, что основные успехи зарубежных лесных селекционеров, выраженные в создании ЛСП-1,5, ЛСП-2 и более высоких порядков (т.е. сортов), достигнуты на основе традиционных методов лесной селекции. С использованием таких же традиционных методов выведены и немногочисленные российские сорта.

Новые методы лесной селекции интенсивно развиваются за рубежом и начинают внедряться в России. В частности, в последние годы в России становится нормой применение молекулярных маркёров при проведении генетической паспортизации ПД и их потомств, сравнительной оценке генетической изменчивости природных популяций и объектов ЕГСК, идентификации фитопатогенов на объектах ЕГСК. Наряду с этим в стране созданы надёживающие предпосылки и для развития маркёр-ассоциированной и геномной селекции лесообразующих пород, которая пока не нашла должного применения в России. Кроме того, эффективно используются методы культуры клеток и тканей для создания коллекций ценных генотипов и оценки устойчивости к различным воздействиям с применением методов *in vitro*. Достигнуты определённые успехи в клональном микроразмножении и создании культур ценных генотипов быстрорастущих лиственных пород. В последнее время получены многообещающие результаты в микроразмножении ценных хвойных пород, доведённые до этапа создания культур в открытом грунте.

Необходимо признать, что политика «сохранения объектов» без развития этой действительно наукоёмкой динамичной отрасли была как минимум недостаточно эффективной и привела к утрате значительной части объектов ЕГСК и прогрессирующему отставанию России в этой сфере от развитых зарубежных стран. Ключевые причины – низкий уровень финансирования, многолетнее отсутствие должного внимания к традиционным методам селекции и снижение уровня сотрудничества отраслевой науки с академическими институтами и научными центрами.

Разумеется, в России надо развивать геномику и биотехнологию, эффективно внедрять полученные достижения в лесную селекцию. В то же время, во-первых, неразумно делать ставку только на эти подходы в ситуации, когда основные результаты в селекции наиболее ценных в российских условиях хвойных пород достигнуты традиционными методами. Во-вторых, традиционные методы – это не догма, они также постоянно развиваются и совершенствуются. В этой связи не должна отставать и нормативная база. В-третьих, современные методы в значительной мере развиваются благодаря наличию селекционных объектов, созданных предыдущими поколениями селекционеров.

Приоритетные направления развития лесной селекции и семеноводства в России приведены в главе 8.