

Глава 8.

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИЗУЧЕНИЯ, СОХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛГР В КОНТЕКСТЕ ОБЩЕМИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ

Важнейшие задачи данной коллективной монографии, подготовленной совместно специалистами из разных областей лесной науки, – донести до максимально возможного числа учёных и специалистов лесного хозяйства России понимание проблематики сохранения, развития и устойчивого использования лесных генетических ресурсов, а также подготовить научное обоснование к внедрению ключевых принципов и подходов лесной генетики и селекции в государственную лесную политику Российской Федерации, лесохозяйственные планы и финансируемые государством и бизнесом программы.

Приоритетные действия в области ЛГР для Российской Федерации сформулированы ниже в соответствии со структурой Глобального плана действий по сохранению, устойчивому использованию и развитию ЛГР, который был утвержден на 38-й сессии Конференции ФАО¹²¹. Разработка рекомендуемых действий, базируясь на материалах, собранных в рамках подготовки данной монографии, 1-го и 2-го докладов «Состояние лесных генетических ресурсов мира» ФАО¹²², 1-го и 2-го национальных докладов «Состояние лесных генетических ресурсов Российской Федерации»¹²³, была основана на следующих принципах:

- ✓ генетическое разнообразие насаждений древесно-кустарниковых растений является основой биологической стабильности лесных экосистем, оно позволяет видам и лесным экосистемам адаптироваться к меняющимся условиям, в том числе к последствиям изменения климата, возникающим заболеваниям и пр.;
- ✓ помимо их незаменимого вклада в экологическую устойчивость лесов, ЛГР обеспечивают среду обитания и разнообразные источники питания для человека и животных, выполняют множество экологических функций, предоставляют многочисленные продукты и услуги;

¹²¹ <https://openknowledge.fao.org/items/80c362b5-5af1-45eb-99dc-b89af42bd809>

¹²² <https://www.fao.org/forest-genetic-resources/assessments/en/>

¹²³ <https://www.fao.org/4/i3825e/i3825e57.pdf>

- ✓ методическое сопровождение управления ЛГР и лесная селекция являются наукоемкими направлениями деятельности;
- ✓ распределение видов на территории России и природные границы их популяций не привязаны к административным границам, а эффективное управление ЛГР на всех уровнях зависит от готовности к диалогу всех заинтересованных сторон;
- ✓ инвентаризация и мониторинг генетического разнообразия способствуют формированию знаний, необходимых для правильного понимания состояния и тенденций изменения лесных экосистем; достоверные знания позволяют принимать адекватные, научно обоснованные решения в области сохранения, устойчивого управления и рационального использования ЛГР;
- ✓ сохранение *in situ* является наиболее распространенной практикой сохранения ЛГР, потому что большинство лесообразующих видов деревьев растёт в условиях дикой природы и не подвергается одомашниванию, их генетическое разнообразие остаётся под воздействием природных эволюционных процессов, их популяции управляются человеком в природных экосистемах или находятся на относительно начальном этапе отбора (одомашнивания) по сравнению с сельскохозяйственными культурами;
- ✓ генетическое разнообразие древесно-кустарниковых растений является основой для настоящих и будущих программ селекции и выведения новых сортов;
- ✓ эффективное сохранение и рациональное использование ЛГР возможно только при условии реализации полномасштабных селекционных программ в отношении важнейших хозяйственно значимых лесообразующих видов (пород) деревьев.

Ключевые идеи рекомендуемых ниже приоритетных действий были сформулированы на основе Проекта программы «Изучение, сохранение и рациональное использование лесных генетических ресурсов России» [2015] и решений конференций «Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири» (2015) и «Сохранение лесных генетических ресурсов» (2017, 2019, 2022, 2024). Перечень приоритетных действий, по сути, является набором магистральных направлений исследований, требующих вложения значительных финансовых, организационных, временных, интеллектуальных ресурсов, научных и производственных заделов. Выполнение рекомендуемых действий по каждому направлению предполагает взаимодействие отраслевой, академической и вузовской науки, а также органов законодательной и исполнительной власти страны.

8.1. Мониторинг и изучение состояния лесных генетических ресурсов

Общее состояние лесных биомов, а также видов древесных и кустарниковых растений в настоящее время достаточно хорошо и с высокой периодичностью отслеживается на национальном и международном уровнях. Однако генетическое разнообразие древесных растений редко контролируется, а оперативные системы генетического мониторинга все еще находятся в недостаточно развитом состоянии. Несмотря на то что существуют отдельные свидетельства генетической эрозии конкретных видов, объём утраты генетического разнообразия остаётся в значительной степени неопределённым из-за отсутствия долговременных генетических данных в большинстве стран.

Рациональное управление лесами требует наличия точных знаний и информации относительно лесных экосистем и составляющих их приоритетных лесообразующих видов. Вопреки тому, что в настоящее время во всем мире генетическое разнообразие сокращается, существующий мониторинг генетического разнообразия отстаёт от мониторинга видового разнообразия, на практике применяется небольшое число индикаторов генетического разнообразия, в связи с чем актуальны их совершенствование и разработка.

Российские леса имеют общемировое значение как один из последних сохранившихся полигонов для изучения факторов формирования естественного генетического разнообразия лесов на всех иерархических уровнях организации живой природы. Резервные, защитные и эксплуатационные леса (ст. 110 Лесного кодекса РФ) выделены в пределах естественно-исторически сложившихся, взаимосвязанных генными потоками систем популяций разного уровня. В пределы естественных ареалов видов вписаны искусственные популяции (лесные культуры, плантации) этих же видов, которые могут обладать пониженным генетическим потенциалом.

Актуальные направления действий и необходимые мероприятия для улучшения сбора данных и мониторинга ЛГР:

- ✓ Научно-методическое обеспечение работ по формированию федерального и региональных реестров ЛГР. Разработка, поддержка и развитие национальных и региональных информационных систем/реестров, баз (мета)данных по ЛГР (видовой уровень). Внедрение современных методов цифровизации, в том

числе автоматических методов интеграции и актуализации распределённых баз данных.

- ✓ Создание и формализация научно обоснованных национальных и региональных списков приоритетных видов древесных и кустарниковых растений Российской Федерации для сохранения ЛГР и управления ими¹²⁴. Обеспечение методической помощи в подготовке списка приоритетных видов древесных и кустарниковых растений отдельных регионов Российской Федерации.
- ✓ Формирование интегральной информационной системы инвентаризации ЛГР (популяционный уровень) с привязкой к пространственной популяционной структуре видов, включающей информацию о перечне и географии распространения генов и их комплексов, контролирующих наиболее важные адаптивные и хозяйственно ценные признаки.
- ✓ Совершенствование и улучшение методов сбора информации о ЛГР, в том числе в рамках регулярных инвентаризаций лесов. Разработка методики включения сбора данных о ЛГР в государственную инвентаризацию лесов и планирование управления лесами.
- ✓ Уточнение особенностей внутривидовой дифференциации приоритетных видов древесных растений в масштабе их российских ареалов, в том числе оценка внутривидовых границ с изучением особенностей их связи с физико-географической структурой ареала вида.
- ✓ Создание всероссийской общедоступной популяционно-генетической базы основных лесообразующих пород на основе единых стандартов и генетических маркеров. Для этого необходимы:
 - ◆ оптимизация и унификация подходов и методов, применяемых для анализа генетической структуры популяций приоритетных видов: разработка методических вопросов о размещении выборки в пределах ареала вида, последовательности и этапности использования различных методов и подходов к оценке генетической изменчивости;

¹²⁴ Установление списка приоритетных видов древесных и кустарниковых растений Российской Федерации имеет основополагающее значение для эффективного сохранения ЛГР. Эти действия будут способствовать грамотному распределению ограниченных ресурсов на охрану и рациональное управление наиболее важными видами, на разработку соответствующих селекционных программ. Подробнее см. [Паленова и др., 2022].

- ◆ внедрение оптимизированных двухэтапных методов, включающих недорогие методы популяционной фенетики, в дополнение к методам биохимической и молекулярной генетики, применяемым на последующих этапах оценки генетической изменчивости.
- ✓ Разработка индикаторов генетического разнообразия (оценки уровня генетической эрозии) и методик их применения в практике сохранения и использования ЛГР.

Актуальные направления изучения ЛГР:

- ✓ Изучение эколого-географической дифференциации древесных видов с огромными трансконтинентальными ареалами: исследование характера и природы климатически обусловленного разнообразия внутри единой генетической системы – группы близкородственных видов (например, сосен, пихты, лиственницы, ели и их ближайших родственников).
- ✓ На основе интегрированной информации о внутривидовой дифференциации лесообразующих видов в масштабе их российских ареалов необходимы:
 - ◆ разработка методов и создание карт пространственной генетико-популяционной структуры приоритетных видов и внутривидовых таксонов с описанием основных особенностей их генетической структуры (частоты аллелей, уровень изменчивости и гетерозиготности, степень дифференциации и др.). Особое внимание при этом должно уделяться выявлению:
 - «предковых» популяций (обладают повышенным адаптивным потенциалом), центров разнообразия вида, высоко- и низкополиморфных популяций;
 - маргинальных популяций, популяций в экологически экстремальных (в том числе высокогорных) экотопах;
 - оптимума показателей генетической изменчивости по адаптивно важным генам;
 - узко и широко адаптированных генотипов и популяций;
 - ◆ изучение связи уровня генетической изменчивости с динамикой роста и устойчивостью деревьев и насаждений приоритетных видов.
- ✓ Изучение геномной и эпигеномной изменчивости, связанной с адаптацией древесных растений приоритетных видов деревьев к гетерогенной среде. Анализ роли взаимодействий

«генотип–среда» в поддержании устойчивости популяций в варьирующих условиях среды обитания.

- ✓ Поиск «олигогенов», вклад которых в изменчивость селективируемого признака должен быть достаточно высоким и измеряться десятками процентов.
- ✓ Изучение и анализ (для оценки уровня генетической эрозии) параметров генетической структуры приоритетных видов в эксплуатируемых и неэксплуатируемых насаждениях, в том числе:
 - ◆ генетических резерватов с целью получения оценок генетической гетерогенности «фоновых», контрольных, популяций, не испытывающих антропогенных воздействий;
 - ◆ естественных лесов различного целевого назначения (резервных, защитных и эксплуатационных);
 - ◆ лесных культур и искусственных лесов, в том числе:
 - местных насаждений, созданных из обычных, «нормальных» семян;
 - предположительно генетически улучшенных насаждений, созданных из сортовых и улучшенных семян, полученных в результате популяционной селекции;
 - ◆ молодняков, возникших на землях сельскохозяйственного назначения, вышедших из оборота, техногенных ландшафтах (например, в зонах угледобычи и деятельности нефтегазового комплекса)¹²⁵ и пр.
- ✓ Изучение процессов трансформации ЛГР в условиях хронического ионизирующего радиоактивного излучения на радиоактивно загрязненных землях и вопросов биологической устойчивости ключевых видов, образующих лесные экосистемы, их взаимодействия друг с другом и окружающей средой в условиях хронического облучения.
- ✓ Формирование программы комплексного изучения реакции ЛГР на изменение климата: изучение смещения границ ареалов, лесорастительных зон, породного состава, продуктивности и устойчивости лесов, разработка научно обоснованных методов адаптивного менеджмента (управляемой миграции) и пр. с позиции динамики структуры популяций и скорости генетико-эволюционных процессов.

¹²⁵ Эти объекты представляют интерес для изучения закономерностей динамики генофондов при расширении ареалов лесобразующих видов. Кроме того, в связи с большими площадями таких лесов на территории Российской Федерации их влияние на генетическую структуру и устойчивость лесобразующих видов может оказаться очень существенным.

8.2. Сохранение лесных генетических ресурсов

Леса России с их естественно-исторически сложившейся популяционной структурой древесных видов представляют ценность в качестве «резервного хранилища» генетического разнообразия, необходимого для полноценного воспроизводства генофонда лесов не только России, но и сопредельных государств, где большая часть лесов имеет искусственное происхождение с обеднённым генетическим разнообразием.

Действия, направленные на сохранение ЛГР, должны обеспечить оценку генетической эрозии вида/популяции, её замедление, остановку или реставрацию, а также стимулирование процессов, направленных на сохранение и поддержание адаптивного потенциала видов. Мероприятия по сохранению ЛГР должны осуществляться на основе глубоких научных знаний, с позиций целостности видов как интегрированных популяционных систем и понимания их экосистемной роли. Для обеспечения эффективной охраны потребуются расширенные знания о наилучших подходах к созданию, уходу и хранению коллекций *ex situ* и интеграция концепции генетического разнообразия в управление охраняемыми территориями для сохранения *in situ*. Обеспечение и восстановление адаптационного потенциала может потребовать восстановления связанности популяций, увеличения их численности, а в некоторых случаях – активного управления адаптационным генетическим потенциалом. Приоритеты сохранения ЛГР должны определяться путем объединения результатов оценок угроз ЛГР и существующих в стране/регионе потребностей и ресурсов.

В области сохранения ЛГР российскими лесоводами, лесными генетиками и селекционерами достигнуты значительные успехи. Это выражается в большом количестве выделенных в естественных лесах генетических резерватов, а также в создании полевых генетических банков, среди которых преобладают архивы клонов лучших по селективируемому признаку плюсовых деревьев. Несмотря на это, существует необходимость в совершенствовании систем и программ сохранения ЛГР как *in situ*, так и *ex situ*, в том числе из-за ограниченности их охвата с точки зрения как видового, так и популяционного разнообразия. Сохранение *in situ* остается предпочтительным подходом в случае сохранения ЛГР, поскольку оно поддерживает эволюционные процессы в популяциях. В идеале усилия по сохранению *in situ*

должны охватывать весь ареал каждого вида. Сохранение *ex situ* дополняет сохранение *in situ* и является важной резервной мерой, особенно когда размер популяции вида в естественной среде обитания невелик. Важно помнить, что применение научных принципов сохранения генетического разнообразия древесных растений не мешает людям рационально использовать сохранённые ресурсы.

Актуальные направления действий

- ✓ Сокращение разрыва между природоохранными действиями, направленными на экосистемы и виды, и действиями на популяционно-генетическом уровне, т.е. усиление внимания к охране ЛГР, в том числе за счет организации национального мониторинга природоохранных действий по сохранению генетического разнообразия *in situ* и *ex situ* приоритетных лесообразующих видов деревьев и кустарников.
- ✓ Разработка принципов ведения мониторинга природоохранных действий по сохранению генетического разнообразия *in situ* и *ex situ* приоритетных видов деревьев и кустарников и его реализация, в том числе путём создания интегрированной базы (мета)данных по коллекциям *ex situ* (ботанических садов, дендрариев, архивов клонов, криобанков и пр.), а также по оценке встречаемости дендрофлоры России на ООПТ разных категорий.

Развитие научных основ сохранения ЛГР

- ✓ Изучение динамики популяционных генофондов в ходе лесообразовательного процесса (сукцессий) и естественных механизмов поддержания оптимального (в соответствующих лесорастительных условиях) генотипического состава популяций и влияния на него различных естественных и антропогенных факторов (включая изучение влияния различных методов ведения лесного хозяйства), в том числе путем проведения натурных экспериментов и разработки математических моделей оптимизации программ сохранения приоритетных видов деревьев методами *in situ* и *ex situ*, а также разработки принципов сохранения ЛГР при использовании и возобновлении лесов.
- ✓ Разработка научного обоснования формирования программ сохранения ЛГР методами *in situ* и *ex situ*, а также принципов сохранения и воспроизводства оптимального уровня популяционно-генетического разнообразия ключевых лесообразующих видов деревьев при использовании, восстановлении

и возобновлении лесов. Реализация национальной и региональных стратегий сохранения *in situ* и *ex situ* ЛГР.

- ✓ Разработка методов экономической оценки последствий эрозии генофондов популяций приоритетных видов, мероприятий по их улучшению, достижению и поддержанию оптимального уровня генетического разнообразия с учетом природного и хозяйственного разнообразия земельных ресурсов России.
- ✓ Разработка критериев разделения лесов на категории, различающиеся по способу воспроизводства и генетическому потенциалу популяций лесообразующих видов: естественные леса и лесные культуры (искусственные леса).
- ✓ Научное обоснование критериев и индикаторов оптимального соотношения площадей естественных и искусственных лесов для разных регионов, а также предельно допустимых объемов и правил размещения генетически обеднённых лесных культур и промышленных плантаций во избежание снижения устойчивости лесных экосистем России в целях обеспечения сохранения естественно-исторически сложившейся популяционной структуры и генетического потенциала лесообразующих видов и экологической устойчивости лесных экосистем России в целом.

Укрепление национальной системы сохранения *in situ*

- ✓ Анализ недостатков и просчётов (Gap-анализ) существующих природоохранных усилий по созданию новых единиц сохранения *in situ* ЛГР на охраняемых территориях, в управляемых лесах и на других территориях.
- ✓ Научное обоснование оптимизации пространственного размещения объектов сохранения *in situ* для каждого приоритетного вида деревьев и кустарников с учетом структуры их внутривидовой дифференциации и физико-географических особенностей ареала. Для этого в том числе необходимы:
 - ◆ проведение сравнительного пространственного анализа распространения видов деревьев и сети охраняемых территорий разных категорий, оценка эффективности защиты *in situ*;
 - ◆ научный анализ рациональности выделения лесных генетических резерватов и плюсовых насаждений конкретных видов и обоснование выделения новых лесных генетических резерватов, плюсовых деревьев и насаждений, ПЛСУ с учетом

особенностей популяционно-генетической дифференциации каждого вида в пределах ареала.

- ✓ Анализ размещения видов деревьев и кустарников, указанных в красных книгах, на территориях ООПТ разных категорий. Разработка программ по восстановлению и реинтродукции редких и находящихся под угрозой исчезновения видов деревьев и кустарников Российской Федерации/субъектов Российской Федерации.

Укрепление национальной системы сохранения *ex situ*

- ✓ Выявление пробелов (Gap-анализ) в формировании коллекций *ex situ* ЛГР, создание базы (мета)данных по коллекциям *ex situ* ЛГР. Разработка рекомендаций.
- ✓ Анализ пробелов (Gap-анализ) в размещении нуждающихся в охране видов деревьев и кустарников Красной книги РФ в различных категориях защиты *in situ*. Разработка рекомендаций.
- ✓ Разработка научного обоснования формирования, сохранения и расширения генетически репрезентативных коллекций *ex situ* ценных генотипов древесных растений, их инвентаризации и расширения соответствующих информационных баз (мета)данных.

Сохранение генетического разнообразия в практике использования ЛГР

- ✓ Разработка популяционно-генетических принципов сохранения и воспроизводства ЛГР при ведении хозяйства в эксплуатационных и защитных лесах. Для чего необходимо запланировать:
 - ◆ проведение соответствующих натуральных и компьютерных экспериментов с целью выявления влияния разных технологий использования и возобновления лесов;
 - ◆ усовершенствование правил заготовки древесины и лесовосстановления/лесоразведения, гарантирующих сохранение генетического потенциала и устойчивости лесов;
 - ◆ актуализацию (с позиции снижения генетической эрозии насаждений) нормативных документов, регламентирующих правила ведения лесного хозяйства, включая правила рубок и лесовосстановления/лесоразведения.
- ✓ Внедрение (в том числе в нормативную базу) методов непрерывного «динамического» сохранения генетического разнообразия всех эксплуатационных лесов, их интеграция в практику лесного хозяйства в виде рекомендаций по сохранению генетического разнообразия при проведении рубок и лесовосстановления/лесоразведения.

8.3. Использование, развитие и управление лесными генетическими ресурсами

Международная лесная политика XXI в. направлена на сохранение естественных лесов и создание лесных плантаций целевых пород для промышленных нужд. Поэтому организация программ и плана действий по созданию объектов лесного селекционного семеноводства основных лесообразующих пород, повышению эффективности лесокультурного процесса на всех этапах их выращивания входит в число актуальных задач лесной генетики и селекции. Очевидна необходимость перехода к новой эффективной селекции, целью которой будет не абстрактное «генетическое улучшение лесов», а выведение высокопродуктивных и/или обладающих другими ценными свойствами сортов-популяций, сортов-гибридов, сортов-линий и сортов-клонов, предназначенных для выращивания искусственных высокотехнологичных насаждений в контролируемой среде. Таким образом, необходимо, опираясь на имеющийся передовой опыт и созданные в России генетико-селекционные и семеноводческие объекты, существенно модернизировать программы лесного селекционного семеноводства и интегрировать их в программы искусственного лесовосстановления, разработать общероссийские и региональные программы. Использование, развитие и управление ЛГР в Российской Федерации должно учитывать сложную иерархическую относительно устойчивую хорологическую структуру популяций лесообразующих видов и опираться на адаптивные преимущества этих взаимосвязанных многопопуляционных систем.

Актуальные направления действий в отношении обеспечения лесными репродуктивными материалами и соответствующего мониторинга их оборота

- ✓ Разработка нового научно обоснованного варианта лесосеменного районирования и специального районирования для сортов лесообразующих видов, в том числе «сортов-популяций», выделяемых по результатам изучения географических культур.
- ✓ Развитие и использование лесных биотехнологий для:
 - ◆ генетической паспортизации и мониторинга лесных репродуктивных материалов: определение генетической чистоты, а также оценки законности происхождения и пр.;
 - ◆ клонального микроразмножения производства посадочного материала в целях создания лесосырьевых культур плантационного типа или ландшафтного дизайна.

- ✓ Разработка новых общероссийских и региональных программ по лесной селекции и селекционному семеноводству на ближайшие 10–20 лет, в которых будут учтены состояние объектов ЕГСК/ССО страны/региона, потребности в селекционно улучшенных семенах, региональные возможности лесных предприятий и научных организаций, накопленный опыт и последние достижения лесной генетики, селекции и семеноводства, экономическое обоснование эффективности лесного семеноводства с указанием этапов работ, сроков их выполнения и объёмов, а также с возможностью объективной экспертной проверки.

Развитие научных основ лесной селекции и селекционного семеноводства

- ✓ Исследование и анализ изменчивости количественных признаков разной природы фенотипов (габитуальных, морфологических, анатомических, физиологических, фенологических, биохимических, эпигенетических), различных ДНК-маркёров в опытных популяциях генетико-селекционных объектов (географических культурах, испытательных культурах, клоновых и семейственных плантациях плюсовых деревьев) для выявления адаптивно и селекционно важных генетических и эпигенетических маркёров лесобразующих видов.
- ✓ Формирование программы развития методов селекции с помощью генетических маркёров (marker-assistant selection), идентификации генотипов по фенотипам с помощью «фоновых признаков», отбора перспективных фенотипов по полногеномным генотипам (геномная селекция), редактирования генов, селекции на взаимодействие «генотип–среда», селекции на гетерозис, микрклонального размножения, «реювенилизации» и клонового отбора, изучения и использования механизмов регуляции работы эпигенов и др. в целях ускорения развития лесной селекции и методов идентификации генов, отвечающих за селекционируемые и адаптивно важные признаки, быстрого выявления ценных генов и генотипов (на испытательных культурах и клоновых плантациях плюсовых деревьев).
- ✓ Развитие и использование лесных биотехнологий для:
 - ◆ селекционного отбора на основе клеточной и тканевой селекции *in vitro* и сохранения генотипов, устойчивых, например, к антропогенному загрязнению среды;

- ◆ модификации генома древесных растений (включая трансгенез и генетическое редактирование) с помощью методов генной инженерии с целью ускорения их роста, повышения устойчивости и улучшения экономически ценных признаков и свойств (в сочетании с разработкой оценки биобезопасности разработок).
- ✓ Разработка алгоритмов селекции на интенсивность роста, устойчивость к лимитирующим факторам, декоративность и другие признаки для различных видов.
- ✓ Изучение корреляции между признаками интенсивности роста семенных потомств в испытательных культурах, с одной стороны, и вегетативных потомств в архивах клонов, с другой.
- ✓ Разработка и внедрение методов внутрисемейного и массового отбора в испытательных культурах, семейственных ЛСП-1, а также улучшенных ПЛСУ, созданных смесью полусибсов ПД.
- ✓ Обновление «модели сортов», методов и возраста отбора плюсовых деревьев, а также методов их ускоренной генетической оценки в испытательных культурах¹²⁶.
- ✓ Проведение оценки генетической структуры и выявление устойчивых генотипов:
 - ◆ молодняков на землях сельскохозяйственного назначения, вышедших из оборота, и на техногенных ландшафтах (например, в зоне деятельности нефтегазового комплекса) для поиска ценных быстрорастущих, рано вступающих в семенное, устойчивых к стрессовым факторам среды и пр. генотипов;
 - ◆ лесных насаждений после вспышек размножения вредителей и болезней, сильных засух и пр. и вовлечение их в селекционный процесс.
- ✓ Изучение вопроса повышения рентабельности селекционных программ за счет изменения приоритетов (направлений) лесной селекции с учетом рыночного спроса; например, одного из наиболее быстрокупаемых направлений – отбора на декоративность и семенную продуктивность.

¹²⁶ Разработка обновленных методов отбора ПД и их окончательной генетической оценки по потомствам в более молодом возрасте для ускорения этапов селекции направлена на получение улучшенного крупномерного посадочного материала с закрытой корневой системой для целевых плантаций с применением специальных технологий (невысокая густота насаждений, высокое плодородие почв на уровне не ниже II класса бонитета, сокращенный на 30–50% оборот рубки и др.). В обновленной методике следует допустить возможность применения различных схем и методов селекции на усмотрение научных кураторов, но с обязательной рецензией проектов квалифицированными специалистами.

- ✓ Разработка методов и нормативов генетической репродуктивной изоляции плантационных сортовых лесов от естественных насаждений каждого конкретного вида, в том числе на основе научных исследований с проведением натурных /полевых, аналитических и имитационных компьютерных экспериментов по обоснованию предельно допустимых объёмов и правил размещения плантационных лесов, гарантирующих сохранение популяционной структуры и генетического потенциала лесообразующих видов.

Действия в отношении объектов лесного селекционного семеноводства

- ✓ Обновление нормативной базы в отношении объектов лесного селекционного семеноводства (лесосеменное районирование, генеральная схема лесного семеноводства, ОСТ на все объекты ЕГСК/ССО).
- ✓ Воссоздание института научных кураторов и базовых по лесному селекционному семеноводству хозяйств (опытных лесных семеноводческих предприятий/лесничеств и лесосеменных производственных станций) при этих организациях, основной задачей которых является создание объектов ЕГСК/ССО лесообразующих пород, осуществление всех необходимых уходов за данными объектами, их охрана и эксплуатация.
- ✓ Разработка проектов на создание ССО по модернизированным методикам и создание ускоренными темпами новых ССО взамен «устаревших», в том числе:
 - ◆ разработка научно обоснованных подходов к выделению новых генетических резерватов с целью создания семенных заказников и объектов популяционной селекции ключевых лесообразующих видов;
 - ◆ разработка научного обоснования оптимизации густоты посадки ЛСП; проведение подеревного учёта с отбором лучших клонов и деревьев и дальнейшего изреживания на уже созданных ЛСП; разработка устройства для сбора шишек в кронах деревьев на ЛСП; проведение замены отдельных высоковозрастных ЛСП на новые ССО; разработка рекомендаций по замене ЛСП на новые испытательные культуры, архивы клонов и ЛСП-1,5;
 - ◆ продолжение работ по оценке и изучению существующих географических культур и по созданию новых географических культур, что будет способствовать в том числе развитию

в России адаптивного менеджмента (управление миграцией путем перемещения растительного материала разного географического происхождения для лесовосстановления и их поддержания в условиях изменения климата).

- ✓ Модернизация методологии оценки и технологий инвентаризации ССО/объектов ЕГСК, в том числе на основе дистанционного зондирования, цифровой картографии, биоинформационной и генетической индикации.
- ✓ Проведение очередной инвентаризации объектов ЕГСК/ССО (с обязательным участием в ней научных кураторов-селекционеров), в которой будут реализованы задачи по изучению сохранности привоев, точности маркировки родословных на плантационных объектах и пр.
- ✓ Научное обоснование и поиск источников финансирования работ по лесной селекции и семеноводству.

Производственные мероприятия и действия в отношении улучшения адаптивных и продуктивных свойств лесов при искусственном восстановлении лесов

- ✓ Оптимизация процесса документирования оборота высококачественных лесных репродуктивных материалов для поддержки усилий по лесовосстановлению и лесоразведению.
- ✓ Осуществление оценки генетических эффектов и внедрение новых и разрабатываемых методов и технологий лесовосстановительных мероприятий, направленных на сохранение устойчивости селекционно улучшенных искусственных насаждений:
 - ◆ технологии создания лесных культур комбинацией семян, выращенных из семян, собранных в нескольких соседних популяциях для сохранения и повышения генетической гетерогенности популяций;
 - ◆ метода «плантационно-обсеменительных культур», заключаемых с использованием небольшого числа высокоурожайных привитых деревьев, способных быстро обсеменить участки крупных гарей, лишенных естественных источников семян главной породы;
 - ◆ методов популяционной селекции;
 - ◆ одновременной селекции из одного генетического пула на различные целевые признаки (Multiple Population Breeding System);
 - ◆ создания «многолинейных» и «многосортовых» искусственных популяций;

- ◆ создание смешанных культур с использованием видов, дополняющих друг друга.

Производственные мероприятия и действия в отношении создания и использования сортов с заданными свойствами для промышленного плантационного лесоводства

- ✓ Разработка сортов, линий и гибридов для создания целевых плантаций древесных растений по признакам декоративности, семенной продуктивности и интенсивности роста в начальный период онтогенеза.
- ✓ Продолжение разработки и совершенствование технологий клеточной селекции и клонального микроразмножения элитного посадочного материала для создания быстрорастущих генетически маркированных лесных плантаций.
- ✓ Внедрение в практику (в том числе нормативную) учёта критериев и индикаторов оптимального соотношения площадей естественных лесов и плантационных сортовых лесов для разных пород и регионов страны.

8.4. Политика, институты¹²⁷ и наращивание потенциала

Сохранение, использование и развитие ЛГР вносят важный вклад в устойчивое развитие стран, включая устойчивое управление лесами, а также в глобальные усилия по сохранению биоразнообразия, смягчению последствий изменения климата и борьбе с опустыниванием. Однако важность ЛГР во всем мире по-прежнему часто упускается из виду политиками, практиками и широкой общественностью. Чаще генетические аспекты принимают во внимание при управлении искусственными насаждениями (лесными культурами и промышленными лесными плантациями), а не естественными лесами, в то время как именно последние содержат бóльшую часть генофонда древесных растений.

Сложность организации управления ЛГР в России связана с межведомственным характером их управления и распределения ответственности за ЛГР, недостаточной интеграцией генетических подходов и методов в соответствующую более широкую национальную политику и стратегии, такие как национальная лесная политика, национальная

¹²⁷ Институты, или институциональная основа, относятся к соответствующим программам, политике и законодательству, касающимся лесов и ЛГР, а также к структурам и механизмам, поддерживающим сотрудничество между заинтересованными сторонами, образование, исследования и повышение осведомленности [ФАО, 2014а].

стратегия и план действий по сохранению биоразнообразия, а также национальная стратегия адаптации к изменению климата. Отсутствие национальной стратегии по ЛГР затрудняет эффективное распределение ограниченных ресурсов, когда цели, потребности и приоритеты работы с ЛГР не определены и не согласованы различными заинтересованными сторонами.

Существует большая потребность в улучшении просвещения в области ЛГР, особенно на уровне технического и профессионального образования и обучения. Также важно усилить академическое образование в области ЛГР, чтобы создавать необходимый научный опыт для проведения НИОКР в поддержку практического управления ЛГР.

Поскольку ареалы многих видов древесных растений расположены на территории нескольких стран, а изменение климата усиливает взаимозависимость стран в сохранении и использовании ЛГР, необходимы дальнейшие действия по международному сотрудничеству в области ЛГР и участие в разнообразных соответствующих механизмах международного и регионального сотрудничества.

Адаптивную генетическую изменчивость, которая играет роль «мобилизационного генетического резерва», аккумулированного видами деревьев в российских лесах в течение длительной естественной истории, необходимо рассматривать в качестве стратегически важного государственного ресурса, тщательно оберегать и рачительно использовать.

Актуальные направления действий:

Политика и управление

- ✓ Развитие действенных механизмов межведомственного сотрудничества и координации работ в области ЛГР, объединяющих работу соответствующих министерств и научных институтов различных ведомств и вузов России.
- ✓ Актуализация и совершенствование нормативно-правового сопровождения объектов и процессов сохранения, развития и использования ЛГР.
- ✓ Научное обоснование стратегических перспективных направлений в области сохранения, развития и устойчивого управления ЛГР, национальной и региональных программ, плана перспективных научных исследований и разработок.
- ✓ Интеграция управления ЛГР в планирование управления лесами и соответствующую более широкую национальную политику, стратегии и планы действий. Содействие использованию существующих и новых технологий в управлении ЛГР.

- ✓ Разработка эффективных индикаторов генетического разнообразия/генетической эрозии, которые отслеживают выполнение и эффективность намеченных планов.
- ✓ Мобилизация финансовых ресурсов для сохранения, использования и развития ЛГР.

Образование и осведомлённость

- ✓ Укрепление образовательного, технического и исследовательского потенциала в области ЛГР: разработка специальных курсов, профподготовка специалистов и формирование современной информационной и лабораторной базы для решения задач лесной генетики и селекции (создание баз метаданных по ЛГР, изучение молекулярно-генетических и популяционных механизмов формирования генотипической и фенотипической изменчивости организмов, развитие молекулярно-генетического картирования и расшифровки геномов приоритетных видов деревьев, разработка эффективных методов селекции и генетической инженерии на базе геномных и постгеномных технологий и пр.).
- ✓ Разработка методологии включения данных о ЛГР в планирование управления лесами и создание учебных курсов по интеграции генетических аспектов и методов динамического сохранения ЛГР в практику управления лесами.
- ✓ Повышение осведомленности о важности ЛГР: популяризация сложных наукоёмких итогов изучения, мониторинга и развития ЛГР в доступном для неспециалистов формате.

Международное и региональное сотрудничество

- ✓ Расширение международного сотрудничества по обмену информацией, технологиями и генетическим материалом с целью обучения и усиления потенциала, развития актуальных направлений в изучении, использовании, сохранении ЛГР Российской Федерации.
- ✓ Присоединение к международной схеме сертификации лесного репродуктивного материала в рамках Организации экономического сотрудничества и развития.
- ✓ Участие в разработке международных документов ФАО в области изучения, сохранения и использования ЛГР.
- ✓ Дальнейшая разработка системы мониторинга ЛГР Российской Федерации, отслеживающей реализацию Глобального плана действий ФАО по сохранению, устойчивому использованию и развитию ЛГР, включая реализацию требований к отчётности для глобальных оценок состояния ЛГР.