

СОХРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СИБИРИ: КРАТКИЙ ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ IV МЕЖДУНАРОДНОГО СОВЕЩАНИЯ (БАРНАУЛ, 24–29 АВГУСТА 2015 г.)

Сохранение и рациональное использование лесных генетических ресурсов (ЛГР) Сибири и бореальных лесов в целом является одной из важнейших природоохранных и экономических задач. Эффективность решения этой задачи зависит от степени изученности ЛГР. Видовой состав дендрофлоры Сибири относительно беден, но его изучение осложняется огромной внутривидовой изменчивостью, формирующейся в условиях обширных экологически гетерогенных ареалов лесобразующих видов, что существенно повышает уровень биоразнообразия лесных экосистем. При этом наибольшее значение имеет наследственная изменчивость древесных растений по адаптивным и хозяйственно ценным признакам, от уровня и особенностей которой в конечном счете зависят устойчивость и продуктивность лесов, а также перспективы выведения сортов с хозяйственно полезными свойствами. Поскольку эколого-ресурсное значение лесов Сибири огромно, их ЛГР являются стратегически важным государственным ресурсом, нуждающимся в охране, изучении и рациональном использовании. К сожалению, несмотря на определенные успехи, ЛГР Сибири изучены недостаточно.

Этим актуальным проблемам и их решению и были посвящены предыдущие (Барнаул, 2007; Новосибирск, 2009; Красноярск, 2011) и настоящее (Барнаул, 24–29 августа 2015) совещания. В научной программе последнего было выделено несколько важнейших направлений, представленных в рамках следующих четырех секций:

I. Формирование Национальной программы изучения, сохранения и использования лесных генетических ресурсов России. Теоретические и методические проблемы изучения, сохранения и использования ЛГР.

II. Структура и динамика популяционных генофондов, «реликтовые» популяции в зоне рефугиумов, стратегия сохранения ЛГР в условиях глобального изменения климата и антропогенного воздействия.

III. Объекты селекции, семеноводства и сохранения генофонда: состояние, генетическая структура, отбор «элиты», лесосеменное районирование.

IV. Генетика признаков устойчивости, декоративности и др.; методы отбора; селекция на устойчивость, декоративность и хозяйственно ценные признаки; интродукция ценных видов древесных растений.

В совещании, состоявшемся под эгидой Международного союза лесных исследовательских организаций (International Union Forest Research Organisations – IUFRO), приняли участие 76 человек из России, Беларуси, Казахстана, Швеции, Германии и США, представлявшие 35 научных учреждений. По установившейся традиции очередное IV совещание данного цикла посвящено памяти выдающихся лесных генетиков и селекционеров, недавно ушедших из жизни, – докторов наук В. Т. Бакулина, А. И. Видякина и Ф. Т. Ледига.

На форуме были доложены и обсуждены 59 устных и 9 постерных докладов. К началу совещания были опубликованы сборники материалов на 220 страницах, включающие 110 тезисов докладов на русском и английском языках, в том числе от лесных генетиков и селекционеров из Беларуси, Литвы, Казахстана, Швеции, Германии, Франции, США, Индии, Турции и Македонии, представляющих 65 организаций из 38 городов.

В открытии совещания приняли участие начальник Управления лесами Алтайского края канд. биол. наук В. А. Черных, председатель программного комитета чл.-кор. РАН Н. К. Янковский, сопредседатель программного комитета проф. Геттингенского университета и официальный представитель IUFRO, координатор рабочей группы IUFRO 2.02.00 «Селекция и генетические ресурсы хвойных» К. В. Крутовский, председатель организационного комитета д-р с.-х. наук В. В. Тараканов, а также проф. Л. И. Милютин и доц. М. В. Рогозин, которые сделали краткие сообщения о творчестве В. Т. Бакулина и А. И. Видякина.

На секции I заслушаны 19 докладов. Научную сессию открыл проф. Л. И. Милютин, который дал определение термина «лесные генетические ресурсы», обобщил основные результаты в этом направлении и отметил все еще недостаточную изученность генофондов популяций лесобра-

зующих видов Сибири. В докладе коллектива авторов (В. В. Тараканова, С. Н. Горошкевича, Д. В. Политова и К. В. Крутовского) кратко изложен проект Программы «Изучение, сохранение и рациональное использование лесных генетических ресурсов России». Авторы призвали аудиторию к широкому обсуждению проекта и его скорейшей коллективной доработке. В докладах проф. К. В. Крутовского и его российских коллег обобщены современные представления об эпигеномных механизмах адаптации лесных древесных растений и доложены основные результаты по секвенированию, сборке геномов и анализу транскриптомов лиственницы сибирской и кедра сибирского (а также других видов хвойных), проведенным в рамках мегагранта правительства Российской Федерации. Подчеркнуто, что некоторые стабильные эпигенетические изменения, связанные с метилированием ДНК и ацетилированием гистонов, существенно влияющие на экспрессию генов и, что особенно важно, наследуемые в следующих поколениях, могут объяснить больше адаптивных фенотипических различий, чем нуклеотидные замены – генетические мутации и маркеры, традиционно изучаемые в лесной генетике. Эти сообщения были дополнены докладом чл.-кор. РАН Н. К. Янковского, подчеркнувшего необходимость учета эпигеномных аспектов при оценке генетической изменчивости и в практической селекции древесных растений. О большой практической ценности ДНК-диагностики видовой принадлежности насекомых-вредителей (осуществляемой секвенированием гена цитохром-оксидазы *I – COI*) доложила Н. И. Кириченко, проиллюстрировав результаты ее совместных исследований с К. Лопез-Ваамонде (ИНРА, Франция). В докладах чл.-кор. НАН Беларуси В. Е. Падутова и его белорусских и литовских коллег представлено практическое использование ДНК-маркеров для решения фундаментальных и прикладных задач в лесном хозяйстве, связанных с изучением генофондов различных растительных видов, включая мониторинг изменений популяционно-генетической структуры видов, оценку интенсивности миграции генов между популяциями, анализ межвидовой гибридизации, построение генетических карт, исследование уровня генетического разнообразия и др., а также для изучения количественных хозяйственно ценных признаков лесных древесных видов. Все лесообразующие виды Беларуси разделены на 3 группы, отличающиеся по уровню аллозимной изменчивости; при этом подчерк-

нуто отрицательное влияние интенсивного лесохозяйственного воздействия на генетическую изменчивость. В докладе шведских генетиков А. Р. Салливан и соавторов рассмотрена проблема дифференциации видов в комплексе ель европейская / ель сибирская по ДНК-маркерам. Этот доклад переключается с сообщением Е. А. Мудрик и соавторов из Института общей генетики им. Н. И. Вавилова (ИОГен) РАН по изучению распределения гаплотипов гена *NAD1* в популяциях данного комплекса на российской территории. Один из выводов сводится к довольно сильной обособленности видов по митохондриальным маркерам, что может быть вызвано особенностями постледниковой миграции и прошлыми барьерами для распространения семян между европейской и сибирской частями ареала ели. Доклад д-ра В. Л. Семерикова с коллегами из учреждений РФ и Германии посвящен разработке эффективных маркеров митохондриальной ДНК (мтДНК) у сосны обыкновенной. Анализ некодирующих областей мтДНК на небольшой выборке деревьев разного географического происхождения позволил выявить изменчивость в гене *coxI*, различные полиморфные участки которого могут быть использованы для филогеографического анализа и индивидуального генотипирования. В докладах д-ра С. Н. Горошкевича и его сотрудников из Института мониторинга климатических и экологических систем (г. Томск) рассмотрены такие крупные проблемы, как соотношение между классификациями организмов, применяемыми систематиками и генетиками; различия в информативности нейтрального и адаптивного компонентов изменчивости при анализе генетической гетерогенности в масштабе ареала вида; новейшие данные в пользу гипотез эволюционного номогенеза и адаптивной конвергенции (на примере стелющихся и прямостоячих форм у сосновых), а также сетчатой эволюции; особенности стратегий адаптации «краевых» и «центральных» популяций; влияние фотопериода на генетически закрепленные характеристики морфогенеза кедра и др. Новые данные об экспериментальной апробации метода микроклонального размножения ценных генотипов с использованием соматического эмбриогенеза, который может оказаться перспективным для сохранения генофонда и получения сортов для плантационного лесоводства различных видов лиственниц, доложены проф. И. Н. Третьяковой с соавторами. Крупномасштабная картина утраты нативных лесов за последние столетия и количественные

данные по динамике лесного покрова планеты в связи с изменением климата представлены в обобщающем докладе д-ров Е. П. Кашкарова и О. А. Поморцева.

На секции II были преимущественно представлены доклады сотрудников из ИОГен РАН, Ботанического сада УрО РАН и Института леса им. В. Н. Сукачева (ИЛ) СО РАН, совместные доклады сотрудников из разных учреждений, выполняющих исследования в рамках различных проектов (Геттингенский университет, Сибирский федеральный университет, ИЛ СО РАН, ИОГен РАН), а также сообщения представителей Института экологии растений и животных (ИЭРиЖ) УрО РАН, Всероссийского научно-исследовательского института лесной генетики, селекции и биотехнологии (ВНИИЛГиСбиотех) и Института цитологии и генетики (ИЦиГ) СО РАН. Проф. С. Н. Санников и его уральские коллеги обобщили многолетние исследования по дифференциации популяций сосны обыкновенной в масштабе ареала вида, полученные на основе аллозимного анализа. При этом были выявлены предположительные плейстоценовые рефугиумы и оценен их вклад в генофонд популяций сосны. Дальнейшее развитие получили гипотезы гидрохорного расселения этого вида из рефугиумов и зависимости степени генетической дифференциации сухоходольных и болотных популяций от времени их возникновения. Обстоятельный аналитический обзор по факторам генетической дифференциации хвойных Палеарктики сделан в докладе д-ра Д. В. Политова. Группой сотрудников из возглавляемой им лаборатории (Е. А. Мудрик и др.) доложены результаты анализа генетической структуры различных видов дуба и ели, а также данные о разработке систем генетической паспортизации лиственных пород (тополь, ива, береза) на основе ядерных микросателлитных маркеров. Этой группой в соавторстве с творческим коллективом, руководимым проф. К. В. Крутовским, получены и обсуждены на совещании данные по разработке ядерных микросателлитных маркеров у кедра сибирского и хлоропластных маркеров у лиственницы сибирской (доклады Е. И. Бондар и др., М. М. Белоконов и др.). Ряд докладов о генетической дифференциации популяций различных лесообразующих видов Сибири и об оценке их реакции на климатические факторы сделаны сотрудниками лаборатории генетики ИЛ СО РАН: А. Н. Кравченко и др. по ели сибирской, К. Г. Зацепиной и др. по сосне обыкновенной; И. В. Тихоновой по генети-

ческим адаптациям к климатическим факторам сосны обыкновенной на южном пределе ее ареала. Из представленных материалов, а также тезисов докладов А. И. Видякина с соавторами следует, в частности, что дифференциация популяций сосны по фенетическим и некоторым ДНК-маркерам более эффективна, чем по аллозимным. Характеристика генетических и репродуктивных аспектов стратегии выживания сосны обыкновенной в условиях глобального изменения климата (засухи) дана в сообщении д-ра Н. Ф. Кузнецовой из ВНИИЛГиСбиотех. Уральские генетики В. Л. и С. А. Семериковы на основе анализа изменчивости хлоропластной и митохондриальной ДНК оценили частоты спонтанной гибридизации пихт в природных популяциях и в культуре. Ими, в частности, подтверждены спонтанные гибриды *Abies*, а также устранены ошибки в идентификации видов и гибридов в некоторых ботанических садах. Интригующее сообщение о возрастании солнечной активности на основе анализа многовековых прямых и косвенных данных, обработанных с помощью методов многомерной статистики, сделали проф. В. М. Ефимов и чл.-кор. РАН Н. П. Гончаров. Ими выдвинуто предположение о том, что современные изменения климата обусловлены почти 500-летним периодом возрастания потока тепловой энергии от Солнца. В связи с этим поднят вопрос о необходимости учета данной тенденции в стратегии сохранения генетических ресурсов.

На секции III обсуждены проблемы создания и поддержания объектов лесного генетико-селекционного комплекса. Открыл научную секцию д-р М. В. Рогозин, доложивший о разработке региональной программы селекции на быстроту роста, включающей несколько этапов: на первом из них методом ранней диагностики в конкурсных испытаниях выделяются популяции, перспективные для дальнейшей работы, на втором – отбираются лучшие деревья и закладываются их испытательные культуры, на третьем – на основе анализа испытательных культур отбираются «элитные» деревья и создаются лесосеменные плантации. При этом рекомендуется сократить возраст отбора плюс-деревьев до 40–60 лет и учитывать условия их конкуренции (ретроспективно оцениваемые по сбегу ствола). Проблеме разработки программы селекции кедра на семенную продуктивность посвящен доклад А. И. Земляного, который предложил внести в современные методики отбора плюс-деревьев этап ретроспективной оцен-

ки урожайности по следам от опавших шишек. В докладах сотрудников ИЛ СО РАН и соавторов из других учреждений рассмотрены результаты оценки состояния географических культур сосны обыкновенной: динамики роста климатипов и отбора кандидатов в сорта (Н. А. Кузьмина и С. Р. Кузьмин), уточнения границ лесосеменных районов (Т. Н. Новикова), особенностей формирования поздней древесины и динамики радиального роста (С. Р. Кузьмин и Р. В. Роговцев). В коллективном докладе семи сотрудников из различных учреждений Сибири и Дальнего Востока (Г. В. Кузнецовой и соавт.) сообщалось об оценке адаптационных возможностей кедров сибирского и корейского при их выращивании в естественном ареале и при интродукции. Авторами поднят вопрос о различном влиянии данных видов на агрохимические и микробиологические свойства почв. В докладах Ю. Н. и И. Ю. Исаковых, а также Ю. Н. Ильичева обобщены результаты многолетних исследований клонов и семей плюс-деревьев на объектах ЕГСК. Они основаны на данных по динамике фертильности при разных способах опыления сосны обыкновенной, устойчивости клонов кедра сибирского к неизвестным грибным инфекциям и др. Сотрудники Воронежского университета и ВНИИЛГИСбиотех О. С. Машкина и И. Н. Вариводина представили результаты исследований динамики роста и устойчивости, качества древесины сортов и гибридов тополя и осины. Отметим, что в сборнике докладов имеются тезисы ученика В. Т. Бакулина – А. В. Климова и соавторов о перспективах изучения и отбора естественных гибридов сибирских видов тополя. Сотрудник ДальНИИЛХ В. С. Грек осветил проблему сохранения и изучения стационарных объектов хвойных насаждений, которые перспективны для консервации генетических ресурсов и селекции в Хабаровском крае. Представители Новосибирского научного центра СО РАН Ю. И. Молородов и Н. В. Тикунова рассказали о принципах создания информационно-вычислительных систем, которые могут быть разработаны для лесных объектов.

Секция IV открылась докладом А. И. Ирошниковой – известного специалиста в области сохранения и изучения генофондов популяций древесных растений. Он сообщил о результатах изучения лиственницы сибирской в районах Республики Тыва, предположительно испытывавших радиоактивное загрязнение. В исследованных популяциях обнаружены деревья с выраженными морфоотклонениями, что ставит вопрос о

дальнейших более углубленных исследованиях. Новый подход к оценке толерантности древесных растений с применением каллусных культур предложен Е. Ю. Пардаевой, Т. М. Табацкой и О. С. Машкиной. Н. А. и И. В. Тихоновы доложили о первых результатах, полученных при реализации пилотного проекта по изучению изменчивости важнейшего признака – засухоустойчивости сосны обыкновенной в лесостепных борах Южной Сибири. Выявлена неоднозначная связь засухоустойчивости с размерами и гетерозиготностью деревьев, которая варьирует в зависимости от условий произрастания. Для изучения нормы реакции сосны на дефицит увлажнения и другие лимитирующие факторы воронежские исследователи Е. С. Клушевская и Н. Ф. Кузнецова создали «биотест-систему» из родительских деревьев разной степени засухоустойчивости и их семенных потомств, выращиваемых в контролируемых лабораторных условиях в градиенте исследуемых факторов. Результаты этих исследований суммированы в их постерном сообщении. Проблема выявления засухоустойчивых и высокопродуктивных генотипов березы с использованием различных схем скрещивания рассмотрена в докладе воронежских коллег И. Ю. и Ю. Н. Исаковых и О. В. Трегубова. В результате разносторонних исследований ими выделены ценные генотипы берез, пригодные для создания плантационных культур. Редкие, в том числе декоративные, формы кедра сибирского обнаружены Г. В. Кузнецовой в байкальской популяции. С. Н. Горошкевич, Е. А. Жук и Г. В. Васильева сделали очень интересное сообщение о применении «ведьминых метел», возникших в результате соматических мутаций, для выведения декоративных сортов-клонов. Крайне привлекательно, что в связи с ранним плодоношением ведьминых метел при разработанной схеме селекции время на создание сорта может сократиться до 15–20 лет. В совместной работе селекционеров из Казахского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации (КазНИИЛХ) и Томского государственного университета (ТГУ), результаты которой были доложены С. А. Кабановой, оценена динамика наследуемости быстроты роста в испытательных культурах березы повислой – вида, который перспективен для озеленения и плантационного выращивания. Выявлены периоды спада и повышения коэффициента, которые объясняются комплексом эколого-генетических причин. Обнадеживающее сообщение о перспективах точной диагностики опасней-

шего вредителя хвойных – корневой губки – с помощью методов молекулярной генетики сделано группой молодых исследователей из Центра защиты леса Алтайского края Д. Н. Шубаевым, В. И. Дергачевым и Л. И. Кальченко. Коллектив исследователей из пяти авторов, работающих в Сибирском институте физиологии и биохимии растений (СИФиБР) СО РАН, провел скрупулезную работу по оценке жирнокислотного состава в нормальных растениях и их каллусных культурах. Судя по результатам, представленным Н. С. Семеновой, особенности жирнокислотного состава каллусных тканей могут быть маркерами различных качеств растений и поэтому использоваться для отбора ценных генотипов.

В постерных докладах были представлены в основном фактические данные по направлениям III–IV секций. Значительная их часть посвящена состоянию объектов ЕГСК, что очень важно в связи с их передачей в регионы (доклады сотрудников региональных Центров защиты леса и лесных арендаторов: И. П. Болонина и Р. В. Роговцева; Л. И. Кальченко, А. Я. Бондарева и С. В. Гольченко; В. И. Носкова, В. Е. Кулакова и А. Н. Юдинцева). Близкий к этой тематике доклад сделан коллегами из КазНИИЛХ Н. К. Чеботько и С. В. Тереховой. Из него следует, что в Казахстане создано и поддерживается большое количество объектов ЕГСК, особенно по сосне обыкновенной, в том числе зарегистрировано пять сортов этой породы. В сообщении А. Я. Бондарева подчеркнута необходимость борьбы с распространением в сибирских лесах клена ясенелистного. Доклад Н. В. Жекиной и соавторов из Пермского государственного национального университета в определенной мере дополняет пленарный доклад М. В. Рогозина в плане поиска косвенных маркеров интенсивности роста, которые могут использоваться для повышения эффективности селекционных программ. Специалистами в области дендрологии В. В. Фахрутдиновой, А. В. Шашкиным и В. Е. Беньковой из ИЛ СО РАН проанализировано соотношение погодной и индивидуальной изменчивости радиального прироста листовенницы Гмелина в лесотундре. Полученные ими данные позволяют сделать предположение о существенной гетерогенности популяций этого

вида даже на границе северной части ареала. В докладе специалистов из Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС) и ИЛ СО РАН Л. Н. Чиндяевой и др. выявлена межклоновая (генотипическая) изменчивость сосны обыкновенной по антимикробной активности, что может представлять интерес для выведения сортов для фармацевтического использования.

Доклады перемежались с научными экскурсиями, в ходе которых участники познакомились с различными лесными объектами: клоновыми плантациями плюс-деревьев сосны в Озерском лесничестве Алтайского края; первым за Уралом Селекционно-семеноводческим центром, работающим по скандинавской технологии в КАУ «Алтайлес»; уникальными естественными фитоценозами, окаймляющими каскад высокогорных Мультигинских озер в Республике Алтай.

По итогам совещания разработан проект резолюции, отосланный в различные государственные инстанции, и подготовлены статьи для публикации в «Сибирском лесном журнале».

Дополнительная информация может быть найдена на сайте конференции <http://conf.ict.nsc.ru/cfgrs2015/ru/>.

Особую благодарность организаторы и участники совещания выражают Управлению лесами и Центру защиты леса Алтайского края, РФФИ (грант № 15-04-20541), ООО Санаторий-профилакторий «Гренада», а также ООО «Алтай-Форест» за финансовую и организационную поддержку.

В. В. Тараканов,
д-р с.-х. наук, директор Западно-Сибирского
филиала Института леса
им. В. Н. Сукачева СО РАН,
профессор Новосибирского
государственного аграрного университета;

К. В. Крутовский,
зав. лабораторией лесной геномики
и руководитель Научно-образовательного
центра геномных исследований
Сибирского федерального университета,
ведущий научный сотрудник Института
общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН,
профессор Геттингенского университета
и Техасского агроинженерского университета