

ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук
на 2019–2023 годы

Пояснительная записка

Цель Программы развития

Цель Программы развития — формирование и успешная реализация научно-исследовательской программы БИН РАН, включая развитие интеллектуальных ресурсов и научной инфраструктуры в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642, также Государственной программой «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», утвержденной Постановлением Правительства от 29 марта 2019 года № 377.

Задачи Программы развития

- Успешная реализация проектов научно-исследовательской программы БИН РАН;
- Достижение целевых показателей согласно Приложению № 2 «Целевые показатели (индикаторы) реализации Программы развития»;
- Развитие кадрового потенциала, обеспечение преемственности научных исследований, увеличение числа научных проектов, выполняемых под руководством исследователей в возрасте до 39 лет;
- Совершенствование научной инфраструктуры и системы управления институтом.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА «РАСТЕНИЯ, ВОДОРОСЛИ И ГРИБЫ
ЕВРАЗИИ: ОТ МОЛЕКУЛЫ И КЛЕТКИ ДО ВИДА И СООБЩЕСТВА»

Ключевые слова:

современные и ископаемые растения, водоросли, грибы; биоразнообразие, генофонд, эволюция, растительный покров, растительные сообщества, флора, микобиота; Россия, Евразия, Арктика, Антарктика; систематика, структурная и функциональная ботаника, эмбриология, биология развития, морфология, физиология и биохимия растений и грибов, молекулярная филогенетика, геномика, постгеномные технологии, транскриптомика, метаболомика, феномика, палеофлористика, ботаническое ресурсоведение, интродукция растений, охрана растительного мира.

Аннотация научно-исследовательской программы

Научная программа БИН РАН соответствует направлениям «науки о жизни» и «рациональное природопользование» приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 7.07.2011 № 899 (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 16.12.2015 № 623). Она направлена на решение актуальных научных задач в области ботаники и микологии, которые связаны с важнейшим приоритетом научно-технологического развития Российской Федерации — обеспечению возможности эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы. Также программа развития позволит внести существенный вклад в такие приоритеты научно-технологического раз-

вития страны как переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

Исследования института войдут также в Федеральную научно-технологическую программу развития генетических технологий на 2019–2024 гг., утвержденную Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2019 г. № 479.

В силу специфики научного профиля БИН РАН научно-исследовательская программа имеет комплексный междисциплинарный характер и состоит из следующих основных взаимодействующих блоков:

- изучение биологического разнообразия современных растений, водорослей и грибов различных регионов мира, в первую очередь Евразии;
- изучение разнообразия геномов с целью разработки таксономии растений, водорослей и грибов, а также реконструкции их филогении и механизмов эволюции;
- исследование разнообразия ископаемых растений России и сопредельных стран;
- изучение структурно-функциональной организации растений, водорослей и грибов;
- изучение механизмов развития и процессов жизнедеятельности растений и грибов с использованием биоимиджинга, генетических, геномных и постгеномных технологий;
- исследование географической дифференциации, структурной организации и динамики растительного покрова России и сопредельных стран;
- оценка и прогноз современного состояния естественных растительных ресурсов России;
- изучение процессов морфогенеза и параметров адаптации растений в условиях интродукции;
- разработка научных основ охраны растительного мира России, в том числе с учетом международных обязательств страны.

В результате выполнения программы развития будут получены новые знания о морфологии растений и грибов на клеточном и организменном уровне, выявлены филогенетические связи таксонов и проведены ревизии таксономических систем отдельных групп растений, водорослей, цианопрокариот, мохообразных, лишайников и грибов, выявлено их «скрытое разнообразие», получены новые данные о таксономическом и экологическом разнообразии и распространении, подготовлены региональные руководства по видовому составу растений, водорослей, мхов, лишайников, грибов и грибообразных протистов. Результаты планируемого исследования внесут существенный теоретический вклад в таксономию, филогению, экологию, физиологию и биохимию этих организмов, а также могут быть использованы для оценки ресурсного потенциала России, биологической индикации и мониторинга состояния окружающей среды, получения биологически активных веществ, будут способствовать эффективной защите материалов от биодеструкции, использованы в разработке мер охраны леса от дереворазрушающих грибов, а также использованию водорослей в очистке окружающей среды.

Научные результаты, полученные в ходе реализации научно-исследовательской программы, будут опубликованы в форме статей в рецензируемых научных изданиях, в том числе индексируемых авторитетными международными базами данных, в монографиях и многотомных изданиях, а также представлены на престижных международных научных мероприятиях.

Цель и задачи научно-исследовательской программы

Цель научно-исследовательской программы: изучение биоразнообразия растений, водорослей, грибов и грибообразных протистов на разных уровнях организации растительного мира — от молекулярного и клеточного до популяционного и экосистемного.

Задачи научно-исследовательской программы:

- получение новых данных о систематическом положении, распространении, экологии отдельных групп организмов;
- описание новых таксонов с применением широкого набора методов и подходов, включая выявление криптических видов и скрытого разнообразия с использованием мультигенного анализа и ДНК-штрихкодирования;
- выявление «скрытого разнообразия» методами метагеномного анализа;
- осуществление таксономических ревизий;
- критическое изучение флор водорослей, мохообразных и лишайников, а также микобиот, создание обобщающих сводок;
- изучение разнообразия, структуры, динамики растительных сообществ и закономерностей их географического распространения;
- изучение структуры растений, водорослей и грибов при адаптации к условиям окружающей среды;
- выявление направления эволюции молекулярно-генетических механизмов функционирования регуляторных генных сетей растений с применением новейших геномных, транскриптомных и микроскопических подходов;
- поиск новых физиолого-биохимических и молекулярно-генетических детерминант, перспективных для обеспечения быстрого создания новых высокопродуктивных сортов важнейших для России сельскохозяйственных культур;
- скорейшее развитие методической, методологической и материально-технической базы исследований, переход на новейшие геномные, постгеномные и феномные технологии, адаптация этих подходов для решения исследовательских задач на новом уровне в соответствии с мировыми стандартами проведения исследований;
- освоение и внедрение новых методов исследования;
- разработка эффективных мер охраны и рационального использования растительного мира России.

Уровень научных исследований по теме научно-исследовательской программы в мире и Российской Федерации

Растения, водоросли и грибы являются важнейшими компонентами экосистем Земли и поэтому активно изучаются во всем мире с использованием самых различных методов. Важнейшими чертами современной науки о растениях, водорослях и грибах являются:

- особое внимание к изучению биологического разнообразия малонарушенных и ненарушенных территорий;
- активное использование новых методов и технологий (в первую очередь, молекулярно-генетических и метаболомного анализа) в исследованиях таксономического, структурного и экологического разнообразия;
- совершенствование филогенетической концепции вида на основе мультигенного анализа, изучения транскриптома, а также выявления «скрытого разнообразия» методами метагеномного анализа и ДНК-штрихкодирования;

— особое внимание к прогнозированию состояния биоты в результате воздействия результатов человеческой деятельности на основе комплексных, в том числе экспериментальных, исследований взаимоотношений общества и растительного мира;

— комплексный междисциплинарный подход к решению поставленных задач в сочетании с широкой, в том числе международной кооперацией специалистов разных профилей.

Актуальность своевременной инвентаризации *биологического разнообразия* современных растений, водорослей и грибов определяется катастрофически быстрым и часто необратимым разрушением экосистем в результате возрастающей техногенной нагрузки и в меньшей степени — их естественной эволюции. С научной, экономической и политической точек зрения точные и проверяемые данные о биоразнообразии территорий любой страны являются одним из наиболее стратегически важных государственных ресурсов, необходимых для развития новых технологий, подготовки будущих поколений исследователей, сохранения биоресурсов. Наблюдается устойчивый интерес к инвентаризации флоры и микобиоты отдельных стран и природных регионов (например, Арктики, Антарктики, Северной Америки, Узбекистана, Таиланда, Вьетнама, Австралии, Пангималайского региона), что находит отражение в создании многотомных сводок («Флора Северной Америки», «Флора Австралии», «Пангималайская флора» и др.), которые имеют не только научное, но и образовательное и общекультурное значение. Другой важнейшей тенденцией является подготовка монографических обзоров отдельных таксонов (семейств, родов) как для крупных территорий, так и в мировом масштабе. Следует также отметить явное несоответствие между зарегистрированным и реально существующим в природе видовым разнообразием ряда территорий, особенно в отношении водорослей, цианопрокариот, мохообразных, лишайников, грибов и грибообразных протистов (в связи с особенностями их биологии), что препятствует надежному сохранению и рациональному использованию природных экосистем.

В Российской Федерации ведется изучение разнообразия различных групп организмов, однако можно отметить отсутствие завершенных обобщающих сводок, отражающих таксономическое, морфологическое и генетическое разнообразие практически по всем крупным таксонам (группам организмов) растений, водорослей и грибов, в том числе и по сосудистым растениям, что серьезно сдерживает ряд работ по сохранению биологического разнообразия и рациональному использованию естественных природных ресурсов.

Достижение современных результатов в исследовании биологического разнообразия организмов в настоящее время невозможно без *изучения геномного полиморфизма* природных популяций растений с использованием методов геномики и метагеномики, секвенирования информативных ДНК-последовательностей и изучения кариотипов методами молекулярной цитогенетики. Эти высокотехнологичные и продуктивные современные подходы, реализуются в передовых международных исследовательских центрах, в том числе и ряде лабораторий в Российской Федерации. Данные методы высоко эффективны при оценке степени дивергенции таксонов растений как на внутривидовом уровне, так и при исследовании отношений таксонов на уровне семейств и порядков. Методы метагеномики особенно эффективны при исследовании биоразнообразия морфологически трудно идентифицируемых микроводорослей и грибов. С появлением методов секвенирования ДНК нового поколения возникли принципиально новые возможности для широкого круга исследований, в том числе происхождения полиплоидных видов и явлений межвидовой гибридизации, а также изучения биоразнообразия методами молекулярной экологии

Одним из приоритетных направлений современных исследований *ископаемых растений* в мире является применение новейших методов изучения анатомического строения различных органов растений, на основе чего уточняется систематика отдельных групп растений,

их происхождение и филогенез, делаются выводы о видовом разнообразии и эволюции палеофлор, а также осуществляется реконструкция палеоклиматов. В России имеется несколько сравнительно немногочисленных исследовательских групп, занимающихся изучением, как отдельных таксонов ископаемых растений, так и палеофлор. Палеоботаники БИН РАН по объему исследовательских работ, разнообразию применяемых методов исследований, богатству используемых коллекционных фондов устойчиво входят в число ведущих научных коллективов в мире по данному направлению.

В области исследования *структурно-функциональной организации растений* важнейшей задачей является выявление структурных основ приспособляемости растений и выяснение закономерностей изменения анатомических структур под влиянием различных факторов среды и связанных с этим процессов формо- и видообразования, а также адаптогенеза. Чрезвычайно перспективным направлением исследований является пополнение новых филогенетических систем, полученных на основании молекулярно-филогенетических данных, новым дополнительным «морфологическим содержанием». В то же время до сих пор остаются нерешенными многие проблемы классической анатомии и морфологии, например, механизмы дифференцировки клеток тапетума и микроспор; не выяснены факторы, отвечающие за реализацию судьбы клеток множественного археспория в семязачатке, регуляцию цитокинеза при мейозе, поляризацию и специализацию клеток зародышевого мешка, построение детерминированной геометрической формы зародыша; не выявлены гены, контролирующие апомиксис у растений.

Особым, чрезвычайно бурно развивающимся направлением является *экспериментальное изучение механизмов развития и жизнедеятельности растений и грибов* с использованием современных цифровых технологий в сочетании с флуоресцентной и/или светлоразнообразной микроскопией (биоимиджинг), генетических, геномных и постгеномных технологий.

В настоящее время имеет место колоссальное отставание исследований методами молекулярной и клеточной биологии представителей наземных растений, не относящихся к покрытосеменным, что связано с рядом объективных трудностей. Тем не менее, число таких работ неуклонно растет, особенно в связи с появлением и развитием технологий секвенирования нового поколения. Имеется острая необходимость в выполнении данных исследований в Российской Федерации, в том числе и в БИН РАН, где молекулярные и клеточные исследования могут сочетаться с высоким уровнем знаний биологии и систематики широкого круга представителей Embryophyta, что поможет осуществлять направленный выбор наиболее перспективных видов — объектов исследований.

В связи с трудностями селекции по количественным признакам, высоко актуален поиск новых физиологических и молекулярно-генетических механизмов, которые могут стать мишенями для создания высокоурожайных и стрессоустойчивых сортов. В БИН РАН более 10 лет успешно проводятся пионерные исследования потенциала использования мутантов с высокой эффективностью фотосинтетического аппарата в качестве модели для создания сортов с экономически значимым увеличением продуктивности. В этих исследованиях БИН РАН имеет научный приоритет. Данное направление имеет большой потенциал, и в ближайшие несколько лет актуальность данных исследований будет возрастать.

Благодаря развитию мощнейшей аналитической техники становится очевидным, что в протекании информационно-генетических процессов, обуславливающих существование биоразнообразия, важнейшую роль играет метаболомный контекст. Развиваемые в БИН РАН метаболомные подходы базируются на оригинальной концепции. Полученные приоритетные результаты показывают, что метаболомная модель, реализованная в виде серийного профайлинга, позволяет не только визуализировать таксономические связи разного уровня, но и в

определенной степени формализовать особенности структуры метаболитной сети в контексте систематического положения объектов. Запланированное развитие транскриптомных, метаболомных и феномных подходов и использование генетических, геномных и постгеномных технологий для исследований биоразнообразия растений и грибов в БИН РАН полностью отвечает современным вызовам.

В области изучения *разнообразия, структуры и динамики растительного покрова* в мировой науке характерны следующие тенденции:

— рост интереса к изучению пространственной организации растительного покрова на разных уровнях: локальном (фитоценоз, микро- и мезофитоценозохоры), региональном (геоботанические районы и округа, макрофитоценозохоры) и глобальном (геоботанические провинции, области) на основе новых достижений синтаксономии, картографии, развития методов наземной и дистанционной инструментальной оценки параметров местообитаний;

— особая актуальность выявления темпов и тенденций динамических процессов в растительном покрове в результате климатических изменений и антропогенных воздействий в разных зональных и региональных условиях на основе стационарных и полустационарных исследований на ключевых участках, повторного картирования растительности с использованием методов дистанционного зондирования и ГИС-технологий; создание геоботанических карт и схем геоботанического районирования, имеющих не только теоретическое, но и мониторинговое значение;

— активное развитие математического моделирования деструктивных и восстановительных процессов в растительных сообществах, нуждающееся в накоплении корректных количественных эмпирических данных, собранных в растительных сообществах разного зонального положения, разной типологической принадлежности и разного сукцессионного статуса.

Исследования, проводимые в БИН РАН, выполняются на крупных территориях (Арктика, европейская часть России, Российский Кавказ, Камчатка и др.), на которых имеются существенные массивы сохранившейся малонарушенной и ненарушенной растительности. Это позволяет разрабатывать классификационные системы, пространственные и временные модели, имеющие ключевое значение для понимания закономерностей организации растительного покрова в разных зональных и подзональных условиях, ставить и решать задачи, соответствующие современному мировому уровню и во многом определяющие его.

Исследования по оценке состояния *растительных ресурсов*, составляющих важнейшую научную основу ботанического ресурсоведения, наиболее подробно и интенсивно проводились и проводятся в России, а также в Белоруссии, Казахстане и некоторых других странах. В странах дальнего зарубежья наиболее близки по этой тематике популяционные исследования, которые, как правило, не затрагивают проблемы состояния естественных ресурсов и их возобновление. С проблематикой ресурсоведения тесно связаны исследования и практические работы по интродукции и акклиматизации растений, проводимых на базе ботанических садов.

Практически все перечисленные выше фундаментальные исследования имеют то или иное прикладное значения для разработки методов и подходов охраны растительного мира, в первую очередь сохранения биологического разнообразия и устойчивого функционирования особо охраняемых природных территорий.

Основные ожидаемые результаты по итогам реализации научно-исследовательской программы и возможность их практического использования (публикации, патенты, новые технологии)

В области изучения *биологического разнообразия* растений планируется получение современных данных о составе сосудистых растений Кавказа (одной из признанных в мире территорий с высоким уровнем биоразнообразия), что найдет отражение в завершении многотомной сводки «Конспект флоры Кавказа». Получат продолжение традиционные исследования сосудистых растений Восточной Европы — густонаселенного региона, флора которого подвержена стремительным изменениям как естественного, так и антропогенного характера. Это получит отражение в публикации очередных томов «Конспекта флоры Восточной Европы», обобщающих сводок по флоре Новгородской и Костромской областей, активном участии в международном проекте «Атлас флоры Европы». В рейтинговых международных журналах планируется публикация обобщающих монографических обзоров отдельных таксонов сосудистых растений из семейств Orchidaceae, Crassulaceae, Rosaceae, Fumariaceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Scrophulariaceae, Asteraceae, а также статьи, рассматривающие спорные вопросы систематики критических таксонов, в том числе с использованием широкого набора классических и современных методов: от анатомии и морфологии до молекулярной филогении, метаболомики и транскриптомики.

Будут также получены новые данные о видовом разнообразии, субстратной и ценотической приуроченности ряда групп водорослей (Chrysophyta, Xanthophyta, Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta), мохообразных (мхов и печеночников), лишайников, грибов (афиллофоройдных, агариковых, сумчатых, гетеробазидиальных), грибообразных протистов (Mucoromycetes) и цианопрокариот в естественных и антропогенных экосистемах различных природных зон и районов России, включая северо-западные и центральные районы европейской части, Кавказ, Дальний Восток и др. Особое внимание будет уделено изучению биологического разнообразия растений, водорослей и грибов Российской Арктики — стратегически важного региона страны, традиционно занимающего важное место в работах института.

Для БИН РАН традиционно характерны лидирующие позиции в области подготовки обобщающих многотомных сводок по биологическому разнообразию России. Будет продолжена подготовка и издание «Флоры лишайников России» — уникального издания, не имеющего аналогов в мировой практике, в период реализации программы предполагается издать не менее двух томов. Также планируется подготовить и издать не менее двух томов «Определителя грибов России». Специалисты по мохообразным продолжают участие в подготовке «Флоры мхов России», издаваемой Главным ботаническим садом РАН и МГУ.

Важнейшая задача программы развития в области изучения биологического разнообразия — начать работы по решению амбициозной задачи — созданию новой «Флоры России» (сосудистые растения). Планируется разработка концепции этого издания, для успешной подготовки которого необходимы усилия всего ботанического сообщества России. В качестве первого шага в реализации этого проекта предполагается подготовка и публикация «Конспекта флоры России» (сосудистые растения).

Существенные научные результаты ожидаются в изучении биологического разнообразия зарубежных стран. Для БИН РАН характерен традиционный (более 50 лет) интерес к изучению биологического разнообразия полуострова Индокитай, занимающего по уровню видового богатства одно из первых мест в мире. Продолжением этих исследований станет изучение сосудистых растений, мохообразных, лишайников, грибов, грибообразных протистов этого региона, в том числе в рамках работ российско-вьетнамского тропического центра. По их результатам планируется публикация серии статей в высокорейтинговых между-

народных журналах. Будут также продолжены традиционные для института исследования биологического разнообразия Монголии.

В рамках участия БИН РАН в работе Российской антарктической экспедиции будет продолжено изучение биологического разнообразия мохообразных, лишайников, грибов и водорослей Антарктиды. Будут получены новые данные для инвентаризации видового разнообразия береговых и внутриконтинентальных антарктических оазисов, а также подготовлены обобщающие публикации по лишайникам и мохообразным крупных физико-географических областей и всего континента.

Исследование *филогении и механизмов эволюции растений, водорослей и грибов* будет вестись с использованием широкого спектра экспериментальных методов, в первую очередь — методов секвенирования информативных маркерных ДНК-последовательностей и изучение кариотипов. Комплексный анализ кариотипов и внутривидового, внутривидового, межвидового полиморфизма ITS и нескольких генов генома хлоропластов таксономически сложных групп растений (прежде видов и таксонов более высоких рангов, особенно гибридного происхождения) даст возможность реконструировать пути эволюции хромосомных комплексов объектов исследования (в частности, представителей экономически важного семейства злаков), решить проблемы межвидовых и межродовых взаимоотношений и родства с экономически важными объектами современного интенсивного растениеводства. Особым направлением является выявление скрытого разнообразия грибов и грибоподобных противостов методами метагеномного анализа ДНК из различных субстратов.

Исследования *ископаемых растений* будут касаться как систематики отдельных групп растений, так и палеофлористики и палеофитогеографии отдельных регионов. Так, на основе исследования ультраструктуры некоторых палиноморф из верхнепермских отложений Печорского бассейна будет подтверждена или опровергнута гипотеза об их принадлежности к сфагновым мхам. Будет изучено эпидермальное строение споровых растений из пермских отложений Монголии для уточнения их систематической принадлежности. В результате комплексных исследований анатомии, морфологии и эпидермального строения листьев и генеративных структур голосеменных из палеозоя Южного Приуралья и мезозоя (юра, мел) Средней Азии и Сибири планируется описать новые виды, а также провести ревизию ранее выделенных таксонов, выявить их систематическое положение и филогению. Также запланировано изучение семян голосеменных и семян и плодов покрытосеменных из меловых отложений Урала, Казахстана и Сибири, а также семян из плиоцена — раннего плейстоцена территории северо-востока европейской части России. На основе новых находок первых цветковых, а также ревизии ранее выделенных таксонов из нижнемеловых отложений Северо-Востока России и Приморья будет уточнено их систематическое положение, а для районов с автохтонным захоронением растительных остатков — выявлены особенности структуры и экологии растительных сообществ.

В результате монографического изучения ископаемых флор из меловых отложений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса будут реконструированы основные этапы эволюции палеофлор Горной Охотско-Чукотской провинции и их палеогеографическая дифференциация. Изучение маастрихт-палеоценовых флор Корякского нагорья позволит выявить особенности эволюции флор и изменений климата на границе мела и палеогена, во время одного из крупнейших кризисов в развитии биосферы Земли. Будет завершено изучение палеоцено-миоценовых флор Зайсанской впадины (Казахстан), что позволит проследить пути возникновения и смены флор на пересечении миграционных потоков между Китаем, Европой и Северной Азией, оценить факторы, определяющие изменение таксономического разнообразия в кайнозое.

По результатам изучения видového разнообразия кайнозойских флор с привлечением данных палеоклиматологии планируется выявить динамику развития растительности на территории Северной и Центральной Евразии.

Полученные данные будут использованы для решения ряда теоретических вопросов ботаники, в частности, происхождения, диверсификации и дисперсии голосеменных и цветковых, а также проблемы вымирания крупных систематических групп в конце мела и перми.

Результаты исследований в области *структурно-функциональной организации растений* внесут существенный вклад в понимание эволюционного становления механизмов развития и адаптации растений на основе реализации различных морфогенетических программ (например, адаптация микроспорогенеза к сезонности климата, изменение структуры органов в разных условиях обитания). Также планируется получить новые данные по строению, развитию и структурно-функциональной организации вегетативных (древесины, коры, хвои, листьев) и репродуктивных (семязачатка, семени, мужского и женского гаметофитов, зародыша) структур различных таксонов цветковых растений, что позволит сопоставить эти данные с молекулярно-филогенетическими системами ряда таксонов.

Эмбриологические исследования будут сконцентрированы на выявлении закономерностей формирования множественного археспория в семязачатке, роли апоптоза в детерминации судьбы его клеток, а также факторов поляризации женского гаметофита в ходе ценоцитных стадий при разных типах развития. Предполагается выяснить закономерности морфогенеза зародыша у видов двудольных и однодольных растений, контрастирующих по особенностям прохождения раннего эмбриогенеза (очередность выделения клеточных паттернов, характер заложения органов) и возможный механизм, связанный с эпигенетическим контролем формообразования наряду с генетическим. Особое внимание будет уделено выяснению механизмов молекулярно-генетической регуляции гаметофитного апомиксиса, а также закономерностей развития репродуктивных структур при отдаленной гибридизации.

В области изучения адаптаций планируется сконцентрироваться на вопросах влияния повышенных и пониженных температур на формирование разных органов на субклеточном уровне. Важнейшим результатом таких исследований станет разработка схемы преобразований структурных типов фотосинтеза в разных систематических группах и выявление основных экологических факторов, определяющих направление эволюции от C_3 к C_4 типу фотосинтеза.

Палинологические исследования предполагается сконцентрировать на выявлении особенностей развития мужского гаметофита и оболочек пыльцевых зерен у представителей разных таксонов, а также растений, относящихся к различным жизненным формам.

В области *экспериментальных исследований* будут охарактеризованы новые молекулярные и клеточные механизмы у неизучавшихся ранее представителей Embryophyta, позволяющие поддерживать высокий фотосинтез и продуктивность в стрессовых условиях, в т.ч. экстремальных. Планируется выявить эволюционные преобразования механизмов морфогенеза у ряда групп наземных растений. Будет изучена возможность получения на основе мутантов ячменя и пшеницы с измененным биосинтезом хлорофилла *b* улучшенных сортов, способных давать более высокие урожаи зерна, с новыми, потенциально интересными для целей сельского хозяйства свойствами, а также предложены принципиально новые пути повышения фотосинтетической продуктивности ценных сельскохозяйственных культур без применения технологий генного модифицирования.

У некоторых споровых растений впервые будут изучены механизмы гормональной регуляции ветвления подземных органов, а также обоснованы представления о становлении генных регуляторных систем, вовлеченных в инициацию бокового корня, в процессе эволюции. Для некоторых модельных видов цветковых растений, у которых боковые корни возникают

непосредственно в меристеме материнского корня, предполагается получить новые данные о генах-регуляторах определения компетенции клеток-основательниц бокового корня.

Особое внимание будет уделено освоению транскриптомных подходов к изучению растений и грибов (в т.ч. транскриптомный анализ *de novo* для организмов без референсных геномов), с целью развития в перспективе на базе БИН РАН транскриптомных анализов, включая получение библиотек, секвенирование на платформе Illumina, биоинформатическую обработку данных и транскриптомный профайлинг.

Планируется разработать феномные подходы, которые в совокупности с параллельным анализом экспрессии генов, в т.ч. с помощью транскриптомных подходов, позволят стандартизовать описания состояния растений под действием различных факторов на всех стадиях онтогенеза путем автоматизированного определения большого количества характеристик неинвазивными методами.

Будут разработаны и внедрены новые методы профайлинга и технологий построения метаболомных моделей, созданы новые базы данных для автоматизации процессов реализации метаболомных методик. Будет выполнено исследование липидомной составляющей метаболитной сети с акцентом на изучение влияния стероидов, тритерпеноидов и их конъюгатов на процессы дифференцировки клеток, сопровождающие развитие и приспособление к экстремальным воздействиям. Особое внимание будет уделяться исследованию широты биохимического разнообразия молекулярных ресурсов растений и грибов и возможным подходам к типологии метаболитных профилей и ее связи с таксономической и филогенетической характеристикой биологических объектов.

Будет определен видовой состав комплексов дереворазрушающих грибов и других грибов-биодеструкторов естественных и искусственных материалов, исследованы механизмы микодеструкции, оценен биосинтетический потенциал ксилотрофов и выявлены штаммовые различия по совокупности биохимических показателей, экспрессии ключевых генов, деструктивной активности и стрессоустойчивости. Будут выявлены структурно-функциональные особенности грибов на вегетативной стадии и обеспечен контроль за чистотой штаммов макромицетов при их сохранении и использовании. Предполагается получить новые данные об особенностях морфологии неизученных ранее штаммов, и структурном разнообразии грибных метаболитов, а также закономерностях изменений метаболизма грибов под действием различных абиотических и биотических факторов. Планируется провести оценку возможности использования новых биосорбентов на основе биомассы из микроводорослей для извлечения редкоземельных элементов и тяжелых металлов из сточных вод.

В рамках выполнения исследований *по Федеральной научно-технологической программе развития генетических технологий на 2019-2027 гг.* (утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации № 479 от 22 апреля 2019 г.) планируется участие БИН РАН в исследованиях по развитию генетических технологий по всем направлениям программы.

По направлению 1 (биобезопасность и обеспечение технологической независимости) деятельность института будет направлена на создание и поддержание отечественных биоинформационных и генетических баз данных, отражающих видовое разнообразие флоры и микобиоты России, раскрытие, паспортизацию и исследование методами геномики и метагеномики видового разнообразия растений, водорослей и грибов России, ДНК-штрихкодирование, поддержание и развитие в Институте возобновляемых живых коллекций, всеобъемлющих гербарных коллекций и ДНК-банков, отражающих видовое и внутривидовое разнообразие флоры и микобиоты России.

По направлению 2 (генетические технологии для развития сельского хозяйства) исследования будут направлены на разработку генетических технологий, применяемых в растениеводстве, а также разработку технологий совершенствования взаимоотношений микро-

организмов и растений путем эффективного использования генетических ресурсов микробиомов агроценозов, что позволит обеспечить получение новых линий растений с повышенной устойчивостью к сложным климатическим условиям, обладающих улучшенной пищевой и технологической ценностью. В краткосрочной перспективе планируется получить следующие результаты: создать линии сельскохозяйственных растений из перечня основных сельскохозяйственных культур Российской Федерации (пшеница, ячмень и др.), а также из семейств тыквенных и гречишных, полученные с помощью генетического редактирования (включая CRISPR/Cas9 технологии) и характеризующиеся улучшенными хозяйственно-ценными признаками. Также важной составляющей станет поддержание, развитие и изучение коллекции грибов базидиомицетов с целью создания штаммов — продуцентов веществ, востребованных в сельскохозяйственном производстве и химической индустрии (кормовые добавки, антибиотики, органические кислоты, мономеры, биотопливо). Эти работы, а исследования растений и грибов как источников биологически активных веществ также связаны с направлениями 3 и 4 программы.

По всем этим направлениям БИН РАН имеет значительный научный задел. Реализации программы развития генетических технологий предполагается в тесной координации с ответственным исполнителем программы – Санкт-Петербургским государственным университетом, при этом силами БИН РАН планируется выполнение не менее 6 конкретных проектов.

В ходе исследования *разнообразия, пространственной организации и динамики растительного покрова* будут получены новые данные о видовом, ценозитическом разнообразии, синтаксономическом положении, географическом распространении и экологической приуроченности ряда ключевых синтаксонов лесной, луговой, степной и болотной растительности Северо-Запада и ряда других областей Европейской России, а также Северного Кавказа. Для таежной зоны и подтайги Европейской России будет разработана типология верховых, переходных и низинных болот. Будет проведено теоретическое обобщение существующих данных по современному растительному покрову региона.

Планируется подведение итогов многолетних исследований особенностей видового разнообразия и структурной организации северотаежных сосновых лесов в разных условиях местообитания (на примере средневозрастных сосновых лесов Кольского полуострова). На основе новых данных будет выполнена ревизия основных процессов и констант долговременной (до 500 лет) восстановительной динамики северотаежных еловых и сосновых лесов после катастрофических внешних нарушений. Будут продолжены долговременные мониторинговые исследования состояния сосновых лесов в условиях хронического атмосферного загрязнения на разном удалении от медно-никелевого комбината (г. Мончегорск) и в условиях экспериментального загрязнения почв тяжелыми металлами; изучена внутриценозитическая вариабельность запаса биомассы напочвенного покрова, лесной подстилки и химического состава почв и растений в условиях разных уровней атмосферного загрязнения.

Будет изучено синтаксономическое разнообразие растительного покрова ключевых участков: охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга и Ленинградской области, национального парка «Куликово поле» и Архангельской области. Важнейшим результатом исследований станут крупно- и среднемасштабные карты актуальной растительности, данные об основных трендах изменения растительного покрова в условиях влияния мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) и особенностях структуры растительного покрова на ландшафтном уровне (музей-заповедник «Куликово поле», Архангельская область).

Особое внимание будет уделено изучению растительного покрова Российской Арктики. На основе ГИС-технологий будет проведена инвентаризация имеющихся данных по флоре и растительности будет создан Архив растительности Российской Арктики (RusAVA). Учитывая огромный интерес к получению данных по территории России со стороны евро-

пейских коллег и международных проектов, формирование Национального архива растительности откроет возможности для отечественных ученых, которые в основном являются донорами первичной информации, публиковать работы в ведущих международных журналах не только в составе международных коллективов, но и самостоятельно, сохраняя приоритет отечественной науки.

Для диагностики экологического своеобразия синтаксонов Российской Арктики будут разработаны региональные экологические шкалы для видов споровых и сосудистых растений с учетом их биотопической приуроченности на зональном градиенте. На основе фитоценологической индикации с учетом мирового опыта будут разработаны методологические подходы к созданию Национальной классификации местообитаний Российской Арктики и рекомендации по их применению в природоохранных целях.

Для ключевого участка азиатской Арктики (остров Врангеля) будет рассмотрена структура растительного покрова на ранге макрокомбинаций (макрофитоценохор), будут разработаны принципы их классификации. На основе классификации макро- и мезокомбинаций будут разработаны подходы к более объективному выявлению геоботанических районов.

По материалам полевых работ, спутниковых снимков и лидарных данных будет проведено крупно- и среднемасштабное картографирование растительности и местообитаний для разных провинций и зональных полос Российской Арктики, выполнен анализ распределения по территории Арктики синтаксонов разного ранга, а также дана оценка динамики растительного покрова и подготовлен прогноз его изменений.

В области *ботанического ресурсоведения* по результатам обобщения и анализа сведения по компонентному составу и биологической активности будут составлены аннотированные списки перспективных для дальнейшего исследования дикорастущих видов как на федеральном, так и на региональном уровнях. Комплексное изучение ключевых параметров, определяющих ресурсную значимость модельных видов, станет основой для разработки и предложения для апробации алгоритмов научно-обоснованных режимов эксплуатации естественных ресурсов, в том числе технологий, связанных с их оптимальным возобновлением. Для выработки стратегий сохранения генофонда ресурсных растений и их рационального использования предусматривается проведение стационарных интродукционных исследований особенностей прохождения жизненного цикла, ритмики развития и морфогенезу редких и ценных в практическом отношении видов.

В области интродукции растений основное внимание планируется сосредоточить на исследованиях, связанных с возможностями и механизмами акклиматизации растений различного генезиса в условиях выращивания. Основной для формирования прогнозных моделей акклиматизации видов станет изучение их морфолого-анатомических, физиологических и генетических особенностей в контролируемой среде обитания. В качестве отдельного раздела интродукции растений выступят сравнительные исследования «поведения» видов в естественной среде и в условиях первичной культуры как в пределах, так и вне пределов их ареалов.

Разработка *научных основ охраны растительного мира* будет базироваться на результатах фундаментальных научных исследований практически по всем направлениям исследований БИН РАН. Особое внимание будет уделено отбору видов, предлагаемых для охраны на федеральном и региональном уровнях, в том числе разработке критериев такого отбора. Также будет активно проводиться изучение растительного мира особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в том числе и с целью совершенствования их сети на федеральном и региональном уровнях.

Научные результаты исследований БИН РАН будут опубликованы в статьях в высокорейтинговых рецензируемых научных журналах. При этом ставится задача не просто уве-

личение числа статей, публикуемых в журналах, реферируемых авторитетными международными наукометрическими системами, но и публикация в них результатов по тем направлениям, которые до сих пор были ориентированы на обнародование главным образом в отечественных русскоязычных изданиях. Кроме того, важнейшей характеристикой научной продукции БИН РАН являются рецензируемые монографии, в том числе многотомные сводки, которые чрезвычайно востребованы как в стране, так и за рубежом и представляют собой важнейший элемент национального и международного научного справочного аппарата.

Потребители (заказчики) результатов исследований научно-исследовательской программы

Результаты работ БИН РАН в первую очередь ориентированы на генерацию знаний. Однако целый ряд исследований имеют достаточно очевидные прикладные приложения.

Важнейший прикладной аспект исследований биологического разнообразия находит отражение в ряде природоохранных работ, в первую очередь — подготовке Красной книги Российской Федерации и красных книг ее субъектов. Также необходимо отметить работы по инвентаризации биологического разнообразия (как видового, так и разнообразия сообществ) ООПТ, которые являются основой для разработки планов их развития, путей и методов охраны.

Результаты работ института являются также основой для выполнения международных обязательств России в отношении Конвенции о биологическом разнообразии и Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (Конвенция СИТЕС), а также положений Мадридского протокола об охране окружающей среды к Договору об Антарктике.

Результаты палеоботанических исследований традиционно используются для разработки конкретных вопросов геологической истории и стратиграфии, необходимых при поиске и оценке месторождений полезных ископаемых (особенно горючих), а также для составления палеоклиматических карт.

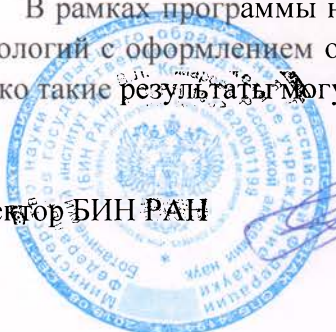
Информация об особенностях строения тех или иных видов растений и грибов представляют интерес для широкого круга пользователей: от сельского хозяйства до контрольных органов производств и криминалистики.

При переходе сельского хозяйства в Российской Федерации от интенсивного типа к «устойчивому», потенциальными потребителями и/или заказчиками ожидаемых результатов исследований в их прикладной части могут выступать селекционные станции, сельхозпредприятия, а также крупный и средний бизнес в секторе АПК, в т.ч. работающий в регионах с трудными климатическими условиями. Метаболомные методики, разработанные в БИН РАН, уже активно используются в физиологических, биохимических и медицинских лабораториях.

Потребителями результатов в области ботанического ресурсоведения и интродукции растений являются организации, связанные с оценкой современного состояния ресурсов растений, крупные фармацевтические предприятия, занимающиеся производством лекарственных препаратов растительного происхождения, структуры, занятые проблемами озеленения населенных пунктов.

В рамках программы не предполагается постановка специальных задач по разработке технологий с оформлением охраняемых результатов интеллектуальной деятельности (РИД), однако такие результаты могут быть получены в отдельных случаях.

Директор БИН РАН



Д.В. Гельтман