

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук
Совет молодых учёных БИН РАН
Научно-образовательный центр БИН РАН
Межрегиональная общественная организация «Русское ботаническое общество»

МАТЕРИАЛЫ
VI (XIV) Международной ботанической конференции
молодых учёных в Санкт-Петербурге
21–25 апреля 2025 года



Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (BIN RAS)
Council of Young Scientists of BIN RAS
Scientific Educational Center of BIN RAS
Russian Botanical Society

PROCEEDINGS
of VI (XIV) International Botanical Conference
of Young Scientists in Saint Petersburg
April 21th–25th, 2025

Санкт-Петербург
Saint Petersburg
2025

Редакционная коллегия:

д.б.н. Гельтман Д. В. (председатель),
к.б.н. Волобуев С. В. (ответственный редактор), к.б.н. Леострин А. В. (ответственный редактор),
Арапов К. А., Большаков С. Ю., Домашкина В. В., Иванова Д. Д., Карамышева А. В.,
Комарницкая Н. А., к.б.н. Курбатова Л. Е., Любарова А. П., к.б.н. Муртузова А. В.,
Озерова С. Д., к.б.н. Петрова Н. В., Родина О. А., Рябуха У. А., к.б.н. Сафронова Т. В.,
Тарасова М. С., Фрейдин Г. Л., Шелудякова М. Б., Шульженко И. Н., Юрчак М. И.

Материалы VI (XIV) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге (21–25 апреля 2025 года). СПб.: БИН РАН, 2025. 192 с.

В сборник материалов VI (XIV) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге включены тезисы докладов, представленные участниками конференции по 11 тематическим направлениям «Альгология», «Ботаническое ресурсоведение», «Бриология», «Геоботаника», «География высших растений», «Интродукция растений», «Клеточная и молекулярная биология и метаболизм растений и грибов», «Микология и лихенология», «Палеоботаника», «Систематика и филогения высших растений», «Структурная ботаника». Кроме того, в сборник включены материалы пленарных и секционных лекций, представленные приглашёнными ведущими специалистами по соответствующим областям исследований.

Proceedings of VI (XIV) International Botanical Conference of Young Scientists in Saint Petersburg (April 21th–25th, 2025). Saint Petersburg, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 2025. 192 p.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ЛЕКЦИИ	5
СЕКЦИОННЫЕ ЛЕКЦИИ	12
АЛЬГОЛОГИЯ	37
БОТАНИЧЕСКОЕ РЕСУРСОВЕДЕНИЕ	56
БРИОЛОГИЯ.....	63
ГЕОБОТАНИКА	72
ГЕОГРАФИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ	96
ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ	104
КЛЕТОЧНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И МЕТАБОЛИЗМ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ	110
МИКОЛОГИЯ И ЛИХЕНОЛОГИЯ	135
ПАЛЕОБОТАНИКА	162
СИСТЕМАТИКА И ФИЛОГЕНИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ	168
СТРУКТУРНАЯ БОТАНИКА	172
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	186

ПЛЕНАРНЫЕ ЛЕКЦИИ

**Новое издание Красной книги Российской Федерации (растения и грибы):
итоги, уроки и проблемы**

New edition of the Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi): results, lessons and problems

Гельтман Д.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

geltman@binran.ru

В конце 2024 г. было опубликовано второе официальное издание Красной книги Российской Федерации (растения и грибы). Она была подготовлена сравнительно быстро: в 2022 г. началась работа по изменению и дополнению Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (далее — Перечень), который был утвержден приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 23 мая 2023 г. № 320 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 21 июля 2023 г. № 74362). К сожалению, по техническим причинам в тексте Перечня имеются отдельные опечатки в латинских названиях. В Перечень вошел 741 таксон (в подавляющем большинстве — виды, иногда подвиды и разновидности). По сравнению с предыдущим Перечнем, утвержденным в 2005 г., исключен 101 вид и добавлены 166.

Подготовка собственно книги (написание текстов видовых очерков и их редактирование, изготовление рисунков и карт, создание оригинал-макета) заняла менее одного года. В работе приняли участие 187 авторов.

Можно отметить, что нынешнее издание Красной книги Российской Федерации (растения и грибы) (далее — ККРФ) в целом довольно хорошо отражает современное состояние охраны разнообразия растений и грибов нашей страны и учитывает большинство необходимых источников информации. Конечно, качество видовых очерков заметно различается, но это обычное явление для такого рода работ.

Подготовка ККРФ выявила ряд проблем, которые и хотелось бы осветить в данном сообщении. Начать следует с некоторых правовых аспектов. К сожалению, ККРФ на сегодняшний день остается единственным более или менее эффективным (при всех известных недостатках) инструментом охраны разнообразия растительного мира. Это приводит к стремлению включить в нее виды, которые при других условиях вряд ли должны были в ней оказаться. Речь идет в первую очередь о ресурсных растениях и грибах, классический пример — *Rhodiola rosea* L. s.l. Хорошо известно, что этот вид страдает от чрезмерного сбора, включая незаконный экспорт сырья. Однако вряд ли каждое его местонахождение в пределах обширного ареала должно охраняться, а сбор населением (например, для личных целей) необходимо полностью прекратить — а ведь занесение в Красную книгу предполагает в конечном счете именно это. Выход был найден в том, что на федеральном уровне *Rhodiola rosea* охраняется не во всех субъектах Российской Федерации, что, однако, не привело к решению имеющихся проблем и породило новые (например, необходимость идентификации региона происхождения сырья). Этот пример не единичен.

В настоящее время в России, помимо ККРФ, практически нет каких-либо механизмов регулирования сбора ресурсных растений (включая декоративные) и грибов. Такой механизм необходим и мог бы быть создан в рамках Федерального закона «О растительном мире», проекты которого регулярно появлялись еще с советских времен, либо иного нормативного документа.

В ряде случаев в Красную книгу попадают сравнительно нередкие растения и грибы, являющихся индикаторами довольно распространенных (иногда — в прошлом), но уязвимых и интенсивно используемых местообитаний и растительных сообществ, например, морских побережий, меловых участков, старовозрастных лесов и т.п. Здесь мы сталкиваемся с отсутствием в нашей стране как законодательства, так и практики охраны различных типов местообитаний (биотопов) — все опять-таки перекладывается на Красную книгу.

В нынешнем издании Красной книги каждому виду (подвиду, разновидности) присваивается категория по трем системам: статуса редкости, статуса угрозы исчезновения, а также степени и первоочередности принимаемых и планируемых к принятию природоохранных мер. Первая система унаследована от предыдущих изданий и фактически представляет собой странным образом видоизмененную более раннюю систему категорий Красного списка МСОП (см. подробнее Гельтман, 2017, Бот. журн., 102(7): 875–888). С моей точки зрения, эта система сейчас мало что отражает (хотя и привычна) и от нее можно и нужно постепенно отказываться. Вторая — современные категории Красного списка МСОП в применении к региону, безусловно, нуждается во все более широком использовании; отечественным ботаникам надо внимательно изучать эту систему категорий и собирать данные для ее корректного применения. Третья — фактически категории природоохранного статуса — недавняя новинка, которую следует использовать и в дальнейшем. Для видов, отнесенных к первой категории по

данной системе (I приоритет природоохранных мер), предполагается разработка специальных планов сохранения, чем надо будет заняться в самое ближайшее время.

Подготовка нового издания Красной книги показала, что, несмотря на значительный прогресс, мы еще недостаточно владем информацией, необходимой как для правильного отбора видов для занесения в Красную книгу, так и для организации их охраны.

Проведенные в последнее время молекулярно-филогенетические исследования показали, что ряд «редких видов» в действительности являются межвидовыми и даже межродовыми гибридами (по-видимому, не стабилизировавшимися), например, *Brachanthemum baranovii* (Krasch. et Pol.) Krasch. (Смирнов, Фризен, 2006, Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 5: 256–258) и *Viola incisa* Turcz. (Елисафенко и др., 2016, Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 15(1): 123–130). Весьма вероятно, что такую же природу имеют некоторые единично найденные и позднее не обнаруженные (часто после специальных поисков) виды, например, *Oxytropis dubia* Turcz. и *Astragalus igoschinae* Kamelin et Jurtzev. Следует расширять углубленные исследования таксономических комплексов, в которые входят критические «краснокнижные» виды, с применением различных методов, особенно молекулярно-филогенетических.

В ходе отбора видов для Перечня стала заметной проблема представленности в нем отдельных регионов. Это, касается, например, значительной части представителей колхидской флоры (эвксинский элемент), которые на территории России по большей части находятся на северном пределе распространения и в той или иной мере заслуживают охраны. В этом случае, как мне представляется, нужно основываться не только на критериях редкости, но и существующих реальных угрозах, а также находить разумный баланс между федеральной и региональными красными книгами.

Заметной проблемой является точное определение лимитирующих факторов и необходимых дополнительных мер охраны видов. К сожалению, у значительной части авторов нет ясного понимания и конкретных предложений по этому вопросу, а предлагаются глобальные запреты всего и вся, что на практике не всегда реализуемо, да и не нужно. Необходимо углубленное изучение экологических и биологических особенностей видов с тем, чтобы как лимитирующие факторы, так и особенно меры охраны формулировались достаточно конкретно.

Особенность данного издания Красной книги — все более частое указание на такую меру охраны как на необходимость поддержания традиционного характера ведения сельского хозяйства (умеренный выпас, умеренное сенокошение и т.п.) для сохранения видов, в первую очередь луговых и степных, растений меловых склонов и т.п. Пока такие меры указывают наиболее наблюдательные авторы для отдельных видов, хотя на самом деле таких случаев должно быть значительно больше. Совершенно очевидно, что иногда необходимы и более активные меры, например, проведение контролируемых палов, в частности, для сохранения отдельных видов рода *Pulsatilla* Mill.

В данном издании ККРФ целый ряд авторов указывали в качестве лимитирующих факторов климатические изменения. Пока, откровенно говоря, непонятно, как поступать в таких случаях (которых будет все больше) и можно ли (и нужно ли?) разработать какие-либо активные меры, снижающие воздействие неизбежные и довольно радикальных климатических изменений.

В ходе работы над ККРФ стала очевидной необходимость разработки специальной информационной системы для целей ее подготовки и ведения. В стране проводится довольно много исследований «краснокнижных» видов, однако их результаты нередко публикуются в малодоступных изданиях или вовсе оседают в недоступных отчетах и «Летописях природы». По этой причине они не полностью отражаются в ККРФ, тем более в условиях, когда авторы имеют очень мало времени для подготовки очерков. Необходимо определить, как такая система может быть организована и, главное, как ее поддерживать и финансировать.

И, конечно, важнейший вопрос — применение Красной книги на практике. Здесь, с моей точки зрения, необходимо осознавать неизбежность противоречий между интересами охраны растений и грибов и различного рода хозяйственной деятельностью. Разработка путей разрешения таких противоречий, которые нередко очень непростые — важнейшая задача для нас всех.

Бактериальная геномика и метагеномика: на суше и на море

Bacterial genomics and metagenomics: afloat and shore

Гельфанд М.С.

Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

mikhail.gelfand@gmail.com

Метагеном – это совокупность геномов всех организмов из какого-либо образца (т.е. из микробиома); часто тем же термином называют видовой состав образца, определенный по данным секвенирования (в случае бактерий – обычно вариабельных участков генов 16S РНК).

Пангеном – это совокупность всех генов из заданного набора организмов (скажем, пангеном вида – это гены всех штаммов; но можно говорить и про пангеномы более крупных таксонов, вплоть до пангеномов всех бактерий или всех архей).

Сравнительный анализ пангеномов и метагеномов стал интересным после появления больших наборов данных. Большинство работ в этой области посвящены метагеномам, связанным с человеком (в основном – кишечным), и пангеномам человеческих патогенов, но есть и много работ по метагеномам природных образцов, в частности, почвенных и ассоциированных с растениями (см., например, Nayfach et al., 2021, Nature Biotechnology 39: 499–509). Множество микробиомов были секвенированы в рамках The Earth Microbiome Project (<https://earthmicrobiome.org/>).

В пангеноме вида можно выделить группы универсальных генов, присутствующих в (почти) всех геномах; уникальных, т.е. присутствующих в одном или очень небольшом числе геномов; и периферию – гены, которые есть у части, но не у всех штаммов. Естественным является предположение, что периферия отвечает за адаптацию к конкретным условиям. Из него следует предположение, что доля периферии будет больше у видов-генералистов, представители которых живут в разнообразных условиях, по сравнению со видами-специалистами, обитающими в узких экологических нишах. Первая часть доклада будет посвящена проверке этого предположения.

Во второй части будут рассмотрены некоторые конкретные примеры, в частности, сравнение динамики микробиома после загрязнения почвы керосином в природных и лабораторных условиях (Shelyakin et al., 2022, Life (Bazel), 12(2): 221) и описание микробиомов фумарол (полостей в ледниках над действующими или потухшими вулканами).

Эти исследования были частично поддержаны грантом РФФ 24-14-00276.

Рождение новой меристемы: механизмы образования бокового корня

The birth of a new meristem: machinery of lateral root initiation

Демченко К.Н., Кирюшкин А.С., Ильина Е.Л.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

demchenko@binran.ru

В ходе эволюции наземных растений, на протяжении более чем 450 миллионов лет, развивалась пластичность ветвления корневых систем, появлялись различные формы и стратегии ветвления корня. Предковые формы современных споровых и семенных растений, а также современные Плаунообразные, ветвились только на верхушке корня. Папоротники и семенные растения стали способны к формированию боковых корней в самых различных положениях вдоль продольной оси растения (Fang et al., 2021, Front. Plant Sci., 12). Несмотря на разнообразие и значительное различие в типах ветвления корневых систем, существует целый ряд общих регуляторных генетических модулей, определяющих компетенцию отдельных клеток корня к образованию нового органа. В ходе длительной эволюции растения разработали сложные механизмы, которые позволяют им интегрировать информацию от внешних стимулов с их собственными внутренними программами для успешного адаптивного развития. Получение воды и питательных веществ из почвы является критическим фактором для наземных растений. Способность корней к ветвлению в разнородной по своему составу почве в значительной степени определила успешность колонизации суши растениями, в том числе и в засушливых регионах. Гормоны растений действуют как сигналы в этом процессе интеграции и способствуют необыкновенной морфологической пластичности растений.

В этом докладе рассматриваются возможные пути формирования генетических модулей, вовлеченных в инициацию бокового корня в ходе эволюции семенных растений, а также их становление у предковых форм (Torres-Martínez et al., 2019, Front. Plant Sci. 10). Мы подробно рассмотрим роль транскрипционных факторов семейств ARF, GATA, LBD и др. в единой координации инициации митотического цикла при запуске программы формирования примордия (Parizot, Beeckman, 2012, Root genomics and soil interactions, 3–28; Trinh et al., 2018, Annual Plant Reviews, 1: 1–44). Особое внимание будет уделено роли ауксина и его транспортеров в единой координации ветвления корня, а также малым

сигнальным пептидам в формировании системной регуляции этого процесса (Caumon, Vernoux, 2023, J. Exp. Bot., 74: 3887–3902). Будут представлены современные теории возникновения и поддержания постоянной осцилляции ответа на ауксин в клетках корня (Xuan et al., 2020, Development, 147; van den Berg et al., 2021, Developmental Cell, 56: 1–16). Кроме того, мы рассмотрим новейшие данные о роли цитоскелета в первом делении клеток периклила (Vilches Barro et al., 2019, Curr. Biol., 29: 2443–2454.e5).

У *Arabidopsis thaliana*, как и у многих других семенных растений, процесс развития боковых корней включает пять основных этапов: предварительную разметку вовлекаемых клеток; инициацию примордия (первые антиклинальные деления клеток периклила); смена вектора роста и периклинальные деления; продвижение примордия через невовлеченные слои коры; и выход бокового корня из тела материнского корня. Изучение пластичности развития корней у арабидопсис привело к значительному прогрессу в понимании механизмов, регулирующих формирование боковых корней. У арабидопсис боковые корни закладываются выше зоны растяжения, они возникают из клеток периклила, прилегающих к полюсам ксилемы. Позиционирование бокового корня вдоль материнского корня основывается, как полагают, на повторяющемся механизме формирования предварительного шаблона (разметки), который устанавливает участки для будущего формирования боковых корней. В подмножестве компетентных к этому процессу клеток информация о движущемся стимуле приводит к формированию стабильных участков и установлению идентичности клеток-основателей. Эти клетки-основатели (founder cells) проходят серию организованных антиклинальных и периклинальных клеточных делений и смены вектора роста для формирования примордия бокового корня (Goh et al., 2012, Development, 139: 883–893).

Выбор клеток-основателей зависит от транспорта ауксина и отменяется при обработке ингибитором его полярного транспорта. Более того, рекрутирование клеток-основателей создает «морфогенетическое поле», в котором периферические клетки имеют более низкий клеточный ответ на ауксин. Боковые границы «морфогенетического поля» определяются прилегающими к флоэме клетками периклила, которые последними рекрутируются в качестве клеток-основателей (Torres-Martínez et al., 2020, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 117: 20943–20949). Способность к возобновлению пролиферации этих клеток ограничена, но их рекрутирование необходимо для формирования корневой системы, в результате чего образуется новая сосудистая связь между зарождающимся и материнским корнем, что имеет решающее значение для создания непрерывной и эффективной сосудистой системы. Впоследствии, примордий направленно проникает через вышележащие слои первичной коры, давая начало полностью развитому боковому корню.

У большинства растений боковые корни возникают выше зоны растяжения, однако существует группа неродственных семейств (Cucurbitaceae, Polygonaceae, Convolvulaceae, Nelumbonaceae, Nymphaeaceae, Pontederiaceae, Musaceae, Marantaceae, Araceae, Butomaceae, Alismataceae), для представителей которых характерна инициация примордиев боковых корней непосредственно в меристеме родительского корня (Piña et al., 2018, Ann. Bot., 122: 873–888). Такой тип инициации бокового корня приводит к быстрому ветвлению корневых систем (Kiryushkin et al., 2023, Int. J. Mol. Sci. 24: 8440). В докладе будет критически рассмотрен состав генетических модулей при различных типах образования бокового корня и различия в их регуляции, а также пути их формирования в ходе эволюции растений. Мы попытаемся сформировать общую картину того, как наземные растения в ходе эволюции приобрели столь адаптивную пластичность в ветвлении корневой системы.

Принципиальной особенностью данных исследований становится то, что эти знания могут способствовать направленному изменению сельскохозяйственных культур, и прежде всего, разработке следующего их поколения, способного к решению таких проблем, как увеличение спроса на продовольствие и изменение климата.

Работа выполнена в рамках темы Государственного задания БИН РАН (№ 124020100138-4).

Систематика – наука, доступная каждому

Taxonomy is a discipline open for everyone

Ефимов П. Г.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

efimov@binran.ru

Систематика – научная дисциплина, имеющая дело с именованием, классификацией и определением живых организмов. Популярность систематики как самостоятельной научной дисциплины была различна в разные периоды времени, и в печати высказывались различные оценки ее значимости для науки. Одной из причин неоднозначного отношения является то, что систематика сама по себе мало ориентирована на выявление прорывных научных закономерностей, но использует наработки из области других научных дисциплин (морфологии, филогенетики, экологии, истории науки и т.д.) для создания правильных классификаций, являющихся необходимым условием развития других исследований в

области биологии. Основное значение систематики в том, что она регулирует применение названий к живым организмам, без которых, как писал Карл Линней, «теряется суть вещей». Если основные биологические дисциплины можно представить в вертикальной иерархии в соответствии с уровнями организации живого, то систематика ориентирована горизонтально, пересекая древо жизни поперек (Wilson, 2004, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 359(1444): 739).

В докладе будет рассмотрена систематика в первую очередь применительно к сосудистым растениям, но расставленные акценты, по-видимому, справедливы и для других групп организмов. Будут отмечены благоприятные условия, сложившиеся в наши дни для специалистов, имеющих отношение к систематике сосудистых растений. Эти условия следующие: широкие возможности для проведения различных исследований и автоматизированного анализа их результатов, включая сложные математические расчеты; доступ к обновляющимся базам данных, электронным библиотекам и онлайн картохранилищам; существование доступа к коллекциям в электронной форме; возможность беспрепятственного и быстрого взаимодействия специалистов по всему миру; доступ к информации об актуальных местонахождениях и большому количеству изображений через краудсорсинговые платформы; возможность легкой и быстрой публикации результатов, быстро становящихся доступными ученым всего мира; сокращение значимости языковых барьеров; возможность быстрых перемещений по миру, в том числе для полевых исследований. К неблагоприятным факторам относятся «переток» талантливых ученых в другие востребованные специальности; общее уменьшение количества специалистов по биологическому разнообразию в мире; появление слишком большого количества информации, включая малозначимую и даже ложную, создающую «шум» и мешающую отбору необходимых сведений по конкретному вопросу; прогрессирующее сокращение биоразнообразия в мире, ведущее к усложнению полевых исследований вплоть до их невозможности (для вымерших организмов); некоторые общемировые реалии финансирования науки и требований по отчетности.

Несмотря на кажущийся перевес положительных условий, ситуация такова, что общим знаменателем, во всяком случае в области изучения сосудистых растений, является сокращение числа специалистов по систематике, общее снижение квалификации имеющихся, сокращение работ обобщающего характера в пользу множественных работ по узким вопросам, и другие грустные тенденции (Engel et al., 2021, *Zoological Journal of the Linnean Society*, 193(2): 381–387; Löbl et al., 2023, *Diversity*, 15(10): 1053). В то же время, ввиду наличия вышеуказанных благоприятных факторов, систематика на данный момент является одной из немногих научных дисциплин, позволяющих результативно работать, базируясь в любой точке Земного шара, где есть Интернет. Она не требует одновременного применения всех методик – обязательным условием является лишь учет всех имеющихся наработок, полученных другими научными коллективами и их непредвзятый анализ. Это важный позитивный аспект, позволяющий реализовать исследовательский потенциал ученым, находящимся в условиях тех или иных ограничений.

В докладе будут рассмотрены некоторые частные стереотипы и популярные ошибочные суждения, касающиеся систематики: отрицание факта существования нерешенных проблем систематики специалистами, работающими в смежных областях; создание различных искусственных рамок (географических, таксономических, методического характера), ограничивающих исследования; вопрос необходимости/достаточности описания новых таксонов в работе систематики; неверная интерпретация кладистического подхода; недооценка (или переоценка) данных о родстве, полученных молекулярно-филогенетическим инструментарием; необходимость сохранения ваучеров; и другие вопросы.

В заключительной части будут рассмотрены примеры, где на основе технически несложных исследований (обобщение литературных данных, изучение гербарных коллекций, оригинальных полевых исследований или применения простых молекулярно-филогенетических методов анализа) можно получить принципиально новые научные результаты.

Молекулярно-генетические и клеточные механизмы бобово-ризобияльного симбиоза

Molecular-genetic and cellular mechanisms of legume-rhizobial symbiosis

Цыганов В.Е.

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии,

Санкт-Петербург, Россия

vetsyganov@arriam.ru

В основе становления и развития бобово-ризобияльного симбиоза лежит сигнальный диалог между партнерами. Бобовые секретируют в ризосферу флавоноиды, которые индуцируют у ризобий экспрессию *nod* (*nodulation*) генов, что приводит к синтезу липохитоолигосахаридных молекул, называемых Nod-факторами, которые в наномолярных концентрациях активируют программу развития симбиотического

клубенька. Рецепторами Nod-факторов служат гетеродимерные комплексы с LysM богатыми мотивами, чья стабильность поддерживается с участием реморинов и флотиллинов (Yang et al., 2022, *J. Integr. Plant Biol.*, 64(2): 244–267). В дальнейшем сигнал передается в ядро, где он вызывает кальциевые осцилляции, улавливаемые кальций/кальмодулин зависимой киназой, которая при взаимодействии с транскрипционными факторами CYCLOPS и DELLA ведет к активации последующих транскрипционных факторов, что приводит к развитию инфекции и процессу органогенеза клубенька (Roy et al., 2020, *Plant Cell*, 32(1): 15–41). Ключевым мастер-регулятором при этом является мастер-регулятор NODULE INCEPTION (NIN), который контролирует развитие симбиоза не только на ранних, но и на поздних стадиях (Feng et al., 2021, *Science*, 374(6567): 629–632). Важную роль в развитии симбиоза играют ризобияльные экзополисахариды, для которых был выявлен специфичный растительный рецептор (Kawaharada et al., 2015, *Nature*, 523(7560): 308–312).

Следует отметить, что развитие клубенька под действием Nod-факторов начинается с деформаций корневых волосков, в основе которых лежат изменения в организации актинового и тубулинового цитоскелета, приводящих к остановке роста кончика корневого волоска, формированию вздутия и возобновлению роста (Hlaváčková et al., 2023, *Biotechnol. Adv.*, 69: 108263). В результате кончик корневого волоска оказывается скрученным, а в месте скручивания оказываются заключенными ризобии, которые делятся, формируя микроколонию (Fournier, 2015, *Plant Physiol.*, 167(4): 1233–1242). После формирования микроколонии ризобии проникают вглубь корневого волоска через специальную туннелеподобную структуру, формируемую растением – инфекционную нить (Tsyganova et al., 2021, *Cells*, 10(5): 1050). При формировании инфекционной нити на ее кончике формируется инфектосомный комплекс, в который входят VAPYRIN [VPY], ЕЗ-лигаза LUMPY INFECTIONS [LIN] и субъединица экзоцистного комплекса EXO70H4 (Liu et al., 2019, *Nat. Commun.*, 10: 2848). Модуль VPY/LINEXO70H4/RPG (RHIZOBIA-DIRECTED POLAR GROWTH) необходим для инициирования и поддержания полярного роста инфекционной нити путем регуляции полярной секреции и транспорта везикул (Lace et al., 2023, *Elife*, 12: e80741).

Инфекционная нить проникает в лежащие ниже слои коры корня. Параллельно с индукцией деформации и скручивания корневых волосков во внутренней коре корня и перицикле в случае недетерминированных клубеньков (с продолжительной активностью меристемы), либо во внешних слоях коры – в случае детерминированных клубеньков (с ограниченной активностью меристемы) – активируются клеточные деления, которые приводят к формированию клубенькового примордия (Yang et al., 2022, *J. Integr. Plant Biol.*, 64(2): 244–267). Инфекционная нить достигает примордия, и ризобии высвобождаются в цитоплазму растительной клетки через специальные выросты инфекционной нити, лишенные стенки, – инфекционные капли (Tsyganova et al., 2021, *Cells*, 10(5): 1050).

При этом ризобии остаются окруженными плазматической мембраной растительного происхождения, называемой перибактероидной (симбиосомной) мембраной, в которую встраиваются бактериальные белки. Высвобожденные из инфекционной капли бактерии активно делятся, при этом происходит их дифференцировка в специализированную для азотфиксации форму – бактериоиды. В недетерминированных клубеньках бактериоиды значительно увеличиваются в размерах, по сравнению с бактериями, у них просветляется электронно-плотный матрикс. В детерминированных клубеньках бактериоиды незначительно отличаются от бактерий в инфекционных нитях. Бактериоид, перибактероидная мембрана, и перибактероидное пространство между ними формируют новую структуру, которая называется симбиосомой (Tsyganova, 2018, *Funct. Plant Biol.*, 45(2): 47–57). В настоящее время симбиосома рассматривается как временная клеточная органелла (Coba de la Pena et al., 2018, *Front. Plant Sci.*, 8: 2229). В недетерминированных клубеньках в симбиосоме содержится один бактериоид, в то время как в детерминированных клубеньках несколько бактериоидов окружены общей симбиосомной мембраной (Tsyganova, 2018, *Funct. Plant Biol.*, 45(2): 47–57). В недетерминированных клубеньках важную роль в дифференцировке бактериоидов играют клубенек-специфичные цистеин-богатые пептиды (NCR-пептиды) (Alunni, Gourion, 2016, *New Phytol.*, 211(2): 411–417).

В ходе дифференцировки число симбиосом в инфицированной клетке растет и может достигать нескольких десятков тысяч. Чтобы разместить такое значительное число симбиосом объем инфицированной клетки также увеличивается (Maróti, Kondorosi, 2014, *Front. Microbiol.*, 5: 326). Подобное увеличение объема клетки достигается за счет последовательных раундов эндоредупликации, когда количество ДНК в клетке может достигать 64С (Kondorosi, Kondorosi, 2004, *FEBS Letters*, 567(1): 152–157). Реорганизация элементов цитоскелета (тубулиновых микротрубочек и актиновых микрофиламентов) играет ключевую роль в распределении симбиосом и клеточных органелл в ходе дифференцировки инфицированной клетки как в недетерминированных, так и в детерминированных клубеньках (Kitaeva et al., 2016, *New Phytol.*, 210(1): 168–183; Zhang et al., 2019, *New Phytol.*, 221(2): 1049–1059; Kitaeva, 2022, *Front. Plant Sci.*, 13: 823183).

Важную роль в развитии симбиотического клубенька бобовых растений играет фитогормональная регуляция. В настоящее время показано участие практически всех известных фитогормонов в контроле развития клубенька на различных стадиях. Показано, что цитокинины, брассиностероиды, этилен и гиббереллины подавляют развитие ризобияльной инфекции, в то же время все эти гормоны способствуют органогенезу клубеньков, за исключением этилена, который подавляет инициацию клубеньков. В свою очередь ауксин позитивно регулирует как инфекцию, так и органогенез клубеньков (Velandia et al., 2022, Plant Commun., 3(5): 100327).

Развитие клубенька завершается его старением, направленное на реутилизацию питательных веществ, которое растение затратило на формирование клубенька, при этом происходит деградация симбиотических структур и самих клеток (Seroval et al., 2018, Protoplasma, 255(5): 1443–1459; Berrabah et al., 2024, Plant Commun., 5(4): 100888). Неблагоприятные факторы окружающей среды могут запускать преждевременное старение клубеньков, также как это происходит при несовместимом взаимодействии между макро- и микросимбионтами.

В целом следует отметить, что с момента идентификации первого компонента сигнального пути, активируемого Nod-факторами, – гена *NIN* (Schauser et al., 1999, Nature, 402(6758): 191–195) за прошедшие четверть века был достигнут колоссальный прогресс в понимании молекулярно-генетических и клеточных механизмов, лежащих в основе формирования симбиотического клубенька. Тем не менее, еще остается многое сделать в данном направлении, чтобы добиться переноса способности к азотфиксации от бобовых растений к не бобовым.

Данная работа поддержана грантом Российского научного фонда 24-16-10156.

Экологическое картографирование растительного покрова: задачи и результаты

Ecological mapping of vegetation cover: tasks and results

Черненко Т.В.

Институт географии РАН, Москва, Россия

chernenkova50@mail.ru

Основное содержание работ по экологическому картографированию направлено на выявление закономерностей пространственной организации и функционирования растительного покрова на основе:

- инвентаризации и анализа разнородных данных по биоразнообразию и ресурсно-экологическому потенциалу;
- разнородной иерархии компонентов территории,
- природной и антропогенной динамики,
- классификации как основы легенд,
- развития современных технологий и инструментария.

Изложена систематизация картографических материалов ботанико-экологической направленности, основанная на подходах отечественной картографической школы. Продемонстрированы картографические продукты для территорий разных пространственных уровней и решаемые задачи при их использовании.

Большое внимание уделено современным методам картографического моделирования на основе данных общего доступа. Использование метаданных по распределению отдельных видов (GBIF, GIFT, Atlas Florae Europaeae и др.) дает возможность получать современные **флористические карты** на региональном и глобальном уровнях. Данные спутниковых изображений (MODIS, Landsat, Sentinel) позволяют успешно разрабатывать **типологические карты** растительности разного уровня детальности. Привлечение дополнительной информации в виде доступных растровых данных – global environmental databases (GEDs) – с характеристиками окружающей среды (WorldClim, TerraClimate, SoilGrids, SRTM, VIIRS) обеспечивает разработку **экологических карт** и открывает широкие возможности для изучения закономерностей пространственно-временной динамики растительного покрова. Развитие и внедрение количественных методов совместного анализа полевых и глобальных экологических наборов данных является общей тенденцией в современных эколого-географических исследованиях и при разработке тематических карт актуального состояния наземного покрова.

Даны примеры оригинальных продуктов по картографированию и методам моделирования различных характеристик растительного покрова, а также оценке вклада природных и антропогенных факторов в формирование современного состава и структуры лесного покрова Европейского Севера и Центральной России.

Основная часть работы по обработке и анализу данных проведена в рамках проекта РНФ (№ 24-17-00120). Сбор полевых данных проводился при поддержке государственного задания (FMWS-2024-0007 № 1021051703468-8) ИГ РАН.

СЕКЦИОННЫЕ ЛЕКЦИИ

Современные тенденции в систематике цианобактерий

Modern trends in the taxonomy of cyanobacteria

Аверина С.Г., Пиневи́ч А.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

s.averina@spbu.ru

Цианобактерии в течение долгого времени были объектом изучения альгологии несмотря на то, что отсутствие клеточного ядра отличало их от остальных водорослей. На протяжении более 150 лет классификация Cyanophyta проводилась на основе анализа полевого материала и гербарных образцов с учетом совокупности морфологических и экологических признаков и подчинялась ботаническому кодексу номенклатуры (ICN). Система, предложенная в 1925 г. Лотаром Гайтлером, модифицировалась с изменением количества порядков, дополнялась с использованием новых морфологических, ультраструктурных и экофизиологических признаков (см. Anagnostidis, Komárek, 1985).

В свете становления концепции прокариотов с середины 1970-х годов цианобактерии стали рассматриваться с позиций бактериологии, было предложено новое название «цианобактерии», в исследованиях стали использоваться микробиологические методы. При создании бактериологической системы цианобактерий использовался полифазный подход к описанию культивируемых штаммов (Rippka et al., 1979), в анализ включались физиолого-биохимические и молекулярно-генетические признаки. Однако структура фило ВХ Cyanobacteria в Руководстве Берги по систематике прокариотов по-прежнему определялась ботаническим алгоритмом (см. Castenholz, 2001). Поскольку цианобактерии долгое время не подчинялись кодексу номенклатуры прокариот (ICNP), разработка их таксономии, особенно в части номенклатуры, столкнулась с проблемами, которые оставались нерешенными до начала 2010-х годов (см. Пиневи́ч, Аверина, 2024).

Использование новых методов при характеристике культивируемых штаммов и анализе природных образцов привело к расширению представлений о разнообразии цианобактерий. В частности, при анализе ультраструктуры были выявлены цианобактерии, не имеющие тилакоидов, обособленные в порядок Gloeobacterales (Rahmatpour et al., 2021). Флуоресцентный и биохимический анализ культивируемых представителей и природных образцов позволил описать формы с неканоническим составом пигментов фотосинтетического аппарата (см. Averina et al., 2020). Анализ геномных данных выявил нефототрофных родственников цианобактерий, которые прогнозировались ранее (см. Пиневи́ч, 1991). Хищный вибрион, *Vampirovibrio chlorellavorus* (Gromov, Mamkaeva, 1980), паразитирующий на одноклеточных зеленых водорослях рода *Chlorella*, стал типовым видом для нового класса Vampirovibrionia (в составе фило ВХ Cyanobacteria), содержащего порядки Vampirovibrionales, *Ca. Gastranaerophilales*, *Ca. Obscuribacterales* и *Ca. Caenarcaniphilales* (см. Pinevich, Averina, 2021).

Современная филогеномная система цианобактерий построена на основе эволюционного родства (см. Johansen, Casamatta, 2005) и учитывает данные 16S рРНК-филогении и секвенирования геномов. Полифилетичные таксоны (например, порядки Synechococcales и Oscillatoriales) подвергнуты ревизии с обособлением новых порядков, семейств, родов и видов (см. Komárek et al., 2014). При описании новых таксонов активно использовался полифазный подход. Предложенная современная система цианобактерий на уровне выше рода (Strunecký et al., 2023) опирается на филогеномное древо, содержит 20 порядков и 54 семейства.

Лавинообразный рост числа новых видов цианобактерий (за период 2014-2021 гг. число переименованных или вновь охарактеризованных таксонов составило примерно 140 родов и 300 видов) породил проблему таксономической избыточности, которую необходимо решить (Johansen et al., 2021). Кроме того, продолжается дискуссия о «Кодексе номенклатуры прокариотов, описанных по данным секвенирования ДНК» (Code of Nomenclature of Prokaryotes Described from Sequence Data; SeqCode), который был предложен для придания таксономического статуса некультивируемым объектам, так называемым видам-кандидатам (Hedlund et al., 2022).

Разнообразие пыльцевых зерен и варианты его интерпретации

Diversity of pollen grains and options for its interpretation

Брицкий Д.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

dmibri@mail.ru

Как известно, пыльца является отдельной стадией жизненного цикла высших растений – стадией мужского гаметофита. Каждое пыльцевое зерно, таким образом, представляет собой отдельное,

редуцированное до двух или трёх клеток, самостоятельное растение, и неудивительно, что их морфологическое разнообразие почти столь же велико, как и морфологическое разнообразие спорофитов. При описании пыльцевых зерен используется множество признаков, таких как агрегатное состояние пыльцевых зерен, размер и форма пыльцевого зерна, строение экзо- и эндо- апертур, структура экзины и характер ее поверхности.

С самого начала развития палинологии делались попытки определить эволюционное значение этих признаков и основные направления эволюции пыльцевых зерен. Одна из первых попыток в этом направлении была предпринята Wodehouse в 1935 г. Он рассмотрел морфологию пыльцы ряда растений, уделяя внимание механическим характеристикам пыльцевого зерна и расположению апертур во время их формирования в течение тетрадного периода.

Критериями примитивности и продвинутости при этом считались:

1) приуроченность тех или иных морфологических типов пыльцевых зерен к тем или иным таксонам (которые, в свою очередь, были сочтены эволюционно примитивными или продвинутыми на основании морфологических характеристик спорофита);

2) очевидные «механические» преимущества одних форм перед другими.

Следующим шагом явились работы Walker (1974, 1975), в которых чрезвычайно подробно рассматривалось множество характеристик пыльцевых зерен и высказывались предположения относительно направлений эволюции этих характеристик. Критерии примитивности и продвинутости были примерно те же, что и у Wodehouse.

M. Zavada (1983) рассмотрел морфологию пыльцы однодольных и выделил основные эволюционные тенденции для апертур и пыльцевой стенки, придя к выводам, что эти тенденции в основном аналогичны предложенным ранее Walker для двудольных. Это заставило его предположить, что селективное давление, влияющее на эволюцию стенки и апертур пыльцы в этих двух группах было схожим. Однако частота встречаемости различных типов стенок и апертур у однодольных отличаются от таковых у двудольных, что, в свою очередь, позволяет предположить, что существуют различия в отношениях организмов с окружающей средой. Новым здесь является то, что в рассмотрение эволюционных тенденций вовлекаются и факторы отбора. Позднее этот же автор высказал предположение, что эволюционные процессы, приводящие к возникновению различных типов апертур, должны рассматриваться как вариант полового отбора, в результате которого выигрывает пыльцевое зерно, спермии которого первыми добиваются до семязачатка.

В процессе дальнейшего развития эволюционного подхода Jardine et al. (2022) рассмотрели эволюционную динамику признаков пыльцы в порядке Asterales, с помощью математических методов проанализировав заполнение филоморфопространства (под этим термином имелось в виду графическое представление, которое сочетает в себе филогенетическую информацию и морфологические данные, отображая эволюционные траектории видов в многомерном пространстве), неравномерность и скорость морфологической эволюции в пыльце Asterales в филогенетическом контексте. Был использован набор данных по 113 таксонам Asterales различного филогенетического положения, при этом морфология пыльцы описана с использованием 28 дискретных признаков. В качестве основных движущих сил эволюции рассматривались отношения с опылителями и физические факторы, влияющие на перенос пыльцы, например, электростатические взаимодействия.

Кардинально отличаются от вышеупомянутых работ по вопросу происхождения разнообразия и эволюции признаков пыльцевых зерен работы А.Е. Пожидаева (2001, 2009, 2015, 2022). В этих работах описано и представлено в виде непрерывного ряда практически все существующее многообразие морфологических (апертурных) типов пыльцевых зерен, включая как типичные, так и отклоняющиеся формы. Примечательно, что формы, типичные для одних таксонов, встречаются у других в качестве отклоняющихся. Автор скептически относится к самой идее эволюционных направлений в морфологии пыльцы и характеризует описанное многообразие как «надорганизменную целостную (непрерывную и упорядоченную) систему параллелизмов, имеющую собственную симметричную и периодическую форму».

Из приведенного обзора видно, что, хотя у палинологов существуют некоторые более или менее общепринятые представления об основных эволюционных направлениях морфологии пыльцы, целостной концепции, объясняющей возникновение морфологического многообразия пыльцевых зерен, до сих пор создано не было и здесь существует значительный простор для дальнейших исследований.

**Вошериевые водоросли (Vaucheriaceae, Xanthophyceae) России и сопредельных стран:
состояние и перспективы исследований**

The study of vaucherialean algae (Vaucheriaceae, Xanthophyceae) of Russia and neighboring countries:
current state and perspectives

Вишняков В.С.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия
aeonium25@mail.ru

Как известно, не все группы водорослей изучены равномерно с позиций систематики и распространения. Остается немало групп, исследование которых ведется очень медленно, и поэтому любая публикация по ним становится настоящим событием. На примере обработки вошериевых (Vaucheriaceae, Xanthophyceae) России и ближайшего зарубежья мне бы хотелось показать некоторые результаты и перспективы изучения видового состава, систематики и распространения «маргинальной» группы водорослей. Основная проблема связана с частой стерильностью таллома, из-за чего определение до вида невозможно. Однако даже при наличии гаметангиев точную идентификацию осложняет сильная морфологическая изменчивость. До начала наших исследований в 2011 г. в России сообщалось о 19 видах *Vaucheria* DC., многие из которых не были подтверждены образцами и не подтверждались находками в дальнейшем очень длительный период. В целом, это число было меньше, чем в регионах, где эти водоросли изучали более детально, например, в Центральной Европе, северо-восточном Китае и Австралии.

После изучения всех доступных коллекций (LE, IBIW, SYKO, TBI, TGM и др.) и многочисленных собственных сборов обнаружено 40 таксонов рода *Vaucheria*, из которых 22 – новые для России (включая 1 разновидность), 15 – Грузии, 6 – Беларуси, 3 – Монголии, по 2 – Азербайджана и Армении, 1 – Казахстана (Вишняков, 2015, 2016; Vishnyakov, 2024; Kotkova et al., 2023, 2024). Кроме сублиторального вида Чёрного моря (*V. piloboloides* Thur.) и сомнительного вида оз. Бологое (*V. megaspora* Iwanoff) к началу 2025 г. подтверждены новыми сборами все виды, ранее известные только по литературными данным. В ближайшие годы следует ожидать снижения числа новых находок на национальном уровне, особенно для видов пресноводно-почвенных местообитаний, так как флора России уже почти сравнялась с европейской (ср.: Rieth, 1980) и содержит около 50% от мировой флоры (AlgaeBase – Guiry, Guiry, 2025). Наиболее перспективными для изучения остаются моря и эстуарии, вошерии которых у нас никогда не получали большого внимания. Между тем, региональные флоры России и сопредельных стран изучены крайне неравномерно. Наиболее полные сведения мы имеем только по Верхнему Поволжью, Байкальской Сибири и зарубежному Кавказу (Вишняков, 2021; Vishnyakov, 2019, 2023, 2024).

Как ни странно, широкая экспансия систематики молекулярными методами мало затронула род *Vaucheria*. Сравнение последовательностей гена *rbcL* в общем подтвердило секционное деление рода, предложенное в 1980-х (Andersen, Bailey, 2002), хотя в том исследовании были представлены и не все секции. Сравнительно-морфологические исследования нового материала позволили нам по-новому взглянуть на состав секций *Tubuligerae*, *Racemosae*, *Heeringia*, *Woroninia*, *Pseudoanomalaе* и *Hercynianae* (Вишняков и др., 2020; Вишняков, 2021; Vishnyakov, 2024; Vishnyakov et al., 2024). В результате было описано два новых вида, предложены две комбинации в ранге вида, некоторые виды переведены из одной секции в другую. Было также установлено, что два видовых названия не соответствуют условиям действительного обнародования, и они были валидизированы. В целом, перспективы дальнейших таксономических исследований рода сильно зависят от накопления большого объёма депонированных генетических последовательностей и корректности морфологической идентификации (ср. Huisman et al., 2024). На сегодняшний день база данных GenBank не может предоставить последовательностей по подавляющему числу описанных видов.

Многие виды *Vaucheria* имеют обширные ареалы и способны обитать в широких градиентах влажности и солёности среды. Тем не менее, флоры вошерий в разных регионах не однообразны и отличаются как по богатству, так и ранговому положению видов (если считать количество находок). За последние годы мы получили данные о составе и распределении вошерий во внутренних районах, которые отличаются по влажности климатов (Верхняя Волга и Прибайкалье), в приливных (Белое, Баренцево) и бесприливных (Чёрное, Каспийское) морях. В частности, было показано, что водные биотопы в континентальных регионах имеют более однородный видовой состав, чем гидроморфные и наземные, при этом более гумидные регионы богаче именно за счёт видов, нормально развивающихся в наземной среде. Видовой состав в приливных морях выше, чем в бесприливных, что мы связываем с наличием мягких илистых грунтов, регулярным обводнением, более стабильными условиями солёности. В ходе работ на Чёрном море в Грузии было установлено, что морские виды *Vaucheria* приурочены здесь к супралиторальным водоемам, получающим морскую воду только в результате сильных штормов и затем подвергающихся сильному опреснению, в то время как условия псевдолиторали для них непригодны

(Vishnyakov, 2025). Поэтому, хотя все выявленные здесь виды широко распространены в морях, они относятся к эвригалинным. В результате стали лучше понятны факторы, закономерно влияющие на распространение вошеров. Между тем, по каждому из них требуется проведение специальных исследований, очевидно, важных в контексте экологической биогеографии водорослей.

Чужеродные виды – новая проблема, связанная с этим родом в последние годы (Rybalka et al., 2022). Нами обнаружен один чужеродный вид, проникший в р. Волгу и натурализовавшийся ниже плотин гидроузлов – *Vaucheria compacta* (Collins) Collins ex Taylor. Это обычный вид эстуариев в Европе, способный проникать вверх по рекам вглубь континента. Преодоление водораздела с Каспийским морем, как мы полагаем, произошло в середине XX века после реконструкции Волго-Балтийского водного пути и интенсификации судоходства. В настоящее время это обычный вид нижних бьефов гидроузлов, который также проникает в нижние течения волжских притоков, не распространяясь, однако, далее зоны затухания суточных колебаний уровня. Мы получили много наблюдений, которые указывают на положительное влияние сообществ *V. compacta* на состояние нижних бьефов, главными проблемами которых являются просадка и разрушение берегов из-за колебания уровней воды. *V. macounii* (Blum) Vishnyakov, недавно найденный в Белом море (Vishnyakov, Moseev, 2024), возможно, стоит относить к криптогенным видами, так как до недавнего времени его, как и другие родственные виды, не находили в Европе.

В заключение хотелось бы поблагодарить всех коллег, кто присылал образцы или помогал в исследованиях.

Грибы экстремальных местообитаний

Fungi of extreme habitats

Власов Д.Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

dmitry.vlasov@mail.ru

Грибы отличаются широким адаптационным потенциалом и имеют повсеместное распространение. Особенно это касается микроскопических грибов (микромизетов), которые встречаются практически повсюду, где возможна жизнь, включая экстремальные местообитания. Хотя наибольшее количество описаний экстремофилов выполнено на примере бактерий и архей, исследования в области молекулярной экологии выявили и широкое разнообразие эукариот в различных экстремальных условиях (т.е. на границе жизни). Не стоит путать экстремофильные и экстремотолерантные организмы. Последние способны выдерживать экстремальные условия до определенной степени. При этом они обладают более широкой экологической амплитудой, способны активно развиваться в «нормальных» условиях. В то же время, истинные экстремофилы часто настолько адаптированы к своей среде обитания, что они воспринимают экстремальные условия как оптимальные для своего роста и иногда могут даже испытывать стресс от того, что считается умеренными условиями.

Среди эукариот грибы считаются наиболее адаптированными к труднодоступным условиям, благодаря уникальным защитным механизмам, реализуемым на молекулярном, морфологическом и биохимическом уровнях (Феофилова, 2004, Труды института микробиологии им. С.Н. Виноградского, 397–409; Власов, 2011, Биосфера 3(4): 479–492; Gostinčar et al., 2023, Current Biology, 33(14): 752–756). В последние десятилетия появилось немало данных о способности грибов развиваться в экстремальных условиях высоких широт, в водоемах с высокой соленостью, в районах с повышенным уровнем химического и радиоактивного загрязнения, в олиготрофных условиях, в глубоководных донных отложениях и др. (Gorbushina, 2007, Environmental Microbiology, 9(7): 1613–1631; Власов, 2011, Биосфера 3(4): 479–492; Buzzini et al., 2018, Yeast, 35(8): 487–497; Бондаренко и др., 2020, Природа, 5: 12–18; Tesei, 2022, Encyclopedia 2: 212–229; Velez et al., 2022, Frontiers in Marine Science, 9: 802634; Caro-Astorga et al., 2024, Frontiers in Microbiology, 15: 1341701). В зависимости от занимаемой ниши и отношения к определенному фактору среды выделяется целый ряд групп экстремофилов, например, ацидофилы и алкалофилы (pH), психрофилы и термофилы (температура), галофилы (соленость), барофилы (давление) и др. Если организмы способны развиваться при воздействии двух или более экстремальных факторов, то они называются полиэкстремофилами. Этой группе организмов в последние годы уделяется особое внимание (Seckbach et al., 2013, Springer Dordrecht, 634; Caro-Astorga et al., 2024, Frontiers in Microbiology, 15: 1341701).

Накопленные за последние годы материалы отражены в нескольких монографиях по экстремофильным организмам, в которых особое внимание уделяется именно грибам (Seckbach et al., 2013, Springer Dordrecht, 634; Durvasula, Subba Rao, 2017, CRC Press, 437; Tiquia-Arashiro, Grube, 2019, Springer Cham, 626; Sahay, 2022, Springer Singapore, 730). Авторы рассматривают экстремофилов как

перспективные объекты для биотехнологического использования. В большинстве опубликованных работ отмечается, что микроскопические грибы способны преодолевать различные стрессовые воздействия, благодаря уникальным биохимическим механизмам, закрепленным в процессе эволюции и позволяющим регулировать жизненную активность в меняющихся условиях среды. Они представляют собой прекрасную модель для исследования закономерностей адаптации к экстремальным факторам среды (резкие колебания и экстремальные значения температур, гиперсоленость, высокий уровень ультрафиолетового облучения, крайние значения pH, недостаток источников питания, нехватка кислорода, высушивание, воздействие токсических веществ и другие). В подобных условиях грибные организмы реализуют различные стратегии существования (выживания), изучение которых позволяет глубже понять пути расселения грибов в биосфере, а также расширить представление о разнообразии и роли грибных организмов в экстремальных экосистемах. Они также являются уникальными моделями для астробиологических и экзобиологических исследований, связанных с проблемами происхождения жизни и возможного существования жизни на других планетах.

В докладе рассматриваются примеры экстремофилов и экстремотолерантов, которые встречаются в различных экологических и таксономических группах грибов, обсуждаются защитные реакции этих организмов на экстремальные условия среды. При этом особое внимание уделено возможностям использования экстремофильных и экстремотолерантных грибов, обладающих уникальными свойствами, в современных биотехнологиях.

Одноклеточный C₄ фотосинтез: структурные основы

Single cell C₄ photosynthesis: structural bases

Вознесенская Е.В.¹, Котеева Н.К.¹, Edwards G.E.²

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Washington State University, Pullman, WA, USA

voznensenskaya@binran.ru, nkoteeva@binran.ru, edwardsg@wsu.edu

Целью процесса фотосинтеза у всех растений является фиксация CO₂ в органические соединения с помощью фермента Рубиско. Однако в условиях повышенных температур, засухи или засоленности почв этот процесс замедляется из-за снижения доступности CO₂. В ответ на эти ограничения некоторые растения выработали механизм концентрации CO₂ вокруг Рубиско через C₄ цикл, при котором требуется пространственное разделение фиксации атмосферной CO₂ в C₄ кислоты и передачи CO₂ путем декарбоксилирования C₄ кислот на Рубиско. К настоящему времени C₄ растения найдены в 19 семействах наземных растений, с наибольшим числом видов в семействах Poaceae, Cyperaceae и Chenopodiaceae. Методами молекулярной филогении показано, что C₄ фотосинтез возникал среди наземных растений независимо более 60 раз, при этом почти все отдельные структурные типы отражают независимое происхождение данной ветви в соответствующем таксоне (Sage, 2016, J. Exp. Bot., 68: 4039–4056). Долгое время после открытия C₄ фотосинтеза у наземных растений его существование неразрывно связывалось с наличием у них специфического строения ассимилирующих органов, так называемой Кранц-анатомии, при которой две ступени C₄ фотосинтеза (фиксация углекислоты на ФЕПК и передача ее в цикл Кальвина) осуществляются в двух разных типах клеток хлоренхимы (клетках палисадной паренхимы и клетках хлоренхимной обкладки) с соответствующим распределением ферментов между клетками. На настоящий момент выделено 25 основных структурных типов Кранц-анатомии (9 типов у злаков, 4 – у осок и 12 – у двудольных растений), основные различия между которыми заключаются в расположении двух характерных слоев клеток хлоренхимы по отношению к проводящим пучкам и другим тканям листа. Кроме того, среди C₄ растений имеются три биохимических подтипа, различающихся основными декарбоксилирующими ферментами в клетках обкладки (НАДФ-МЭ, НАД-МЭ и ФЕПК-К).

Кроме хорошо известных C₄ видов с Кранц-типом анатомии, в семействе Chenopodiaceae в начале 21 века были обнаружены виды с уникальной структурой, в которых C₄ фотосинтез протекает в пределах одной клетки хлоренхимы путем формирования двух пространственно разделенных доменов. У первого вида два структурных и биохимических домена развиваются в противоположных концах удлиненной клетки хлоренхимы (Freitag, Stichler, 2000, Plant Biol., 2: 154–160; Voznesenskaya et al., 2001, Nature, 414: 543–546) тогда как у видов другого типа один структурный домен представлен периферической цитоплазмой, а второй – сферическим цитоплазматическим образованием в центре вакуоли, содержащим многочисленные хлоропласты и митохондрии (Freitag, Stichler, 2002, Plant Biol., 4: 121–132; Voznesenskaya et al., 2002, Plant Journ., 31: 649–662). В одноклеточном варианте существует строгое разделение ферментов между двумя цитоплазматическими компартментами в пределах одной клетки, тогда как у видов с Кранц-анатомией разделение биохимических функций осуществляется между двумя типами клеток.

При всем структурном многообразии у C_4 растений существуют только три ультраструктурных подтипа, различающихся по степени развития гран в хлоропластах краенц-клеток и клеток палисадного мезофилла, а также по структуре митохондрий в клетках обкладки (Edwards et al., 2004, Ann. Rev. Plant. Biol., 55: 173–196). Структурные различия четко коррелируют с принадлежностью видов к трем биохимическим подгруппам C_4 растений и могут служить диагностическим признаком. У видов НАДФ-МЭ подтипа наблюдается редукция гран в хлоропластах краенц-клеток при нормальном развитии гран в хлоропластах мезофилла, тогда как у НАД-МЭ подтипа, наоборот, редукция гран наблюдается в хлоропластах мезофилла при интенсивном развитии гран в хлоропластах краенц-клеток. Последний подтип также характеризуется наличием в клетках обкладки крупных специализированных митохондрий. У злаков найден еще третий биохимический подтип, с ФЭПК-киназой в качестве основного декарбоксилирующего фермента, и у видов этой группы степень развития гран в хлоропластах обоих типов клеток хлоренхимы практически одинакова (Voznesenskaya et al., 2006, Ann. Bot., 8: 77–91). Поскольку виды с одноклеточным вариантом C_4 фотосинтеза принадлежат к НАД-МЭ типу, то у них наблюдается диморфизм хлоропластов, характерный для данного биохимического подтипа, с концентрацией специфических митохондрий в части клетки, аналогичной клеткам обкладки.

В целом C_4 фотосинтез является удивительным механизмом, позволяющим растениям адаптироваться к условиям пустынь и полупустынь. C_4 растения отличаются более высокой интенсивностью фотосинтеза и эффективностью использования воды, а, следовательно, могут давать более высокие урожаи. Всестороннее изучение растений с C_4 фотосинтезом позволит расширить наши представления о возможных путях становления структурного и биохимического разнообразия типов фотосинтеза в тесной взаимосвязи с экологическими условиями произрастания, приближая нас к пониманию того, как эволюционирует C_4 путь, как он регулируется, формируется, и как им можно манипулировать.

Фомоидные грибы и проблемы их идентификации

Phoma-like fungi and problems of their identification

Гомжина М.М.

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия
gomzhina91@mail.ru

Фомоидные грибы – крупная, таксономически сложная, полифилетичная группа анаморфных аскомицетов, объединяющая на настоящий момент все микромицеты, которые ранее понимали как представителей рода *Phoma* (в узком смысле), и некоторые виды морфологически сходных родов *Ascochyta*, *Diaporthe*, *Mycosphaerella*, *Paraphoma*, *Phyllosticta*, *Stagonospora* и др. (в широком смысле) (Boerema et al., 2004, CABI, 470; Aveskamp et al., 2010, Studies in Mycology, 65: 1–60; Гомжина, Ганнибал, 2017, Микология и фитопатология, 51(5): 268–275; Rai et al., 2022, Springer Cham, 3–11).

Фомоидные грибы известны науке уже более 140 лет, но до сих пор остаются трудной для изучения, противоречивой и актуальной для исследователей всего мира группой грибов. Подходы к систематике и таксономии этих микромицетов неоднократно пересматривались и изменялись по мере усовершенствования инструментальных методов и, как следствие, доступности новых для наблюдения и изучения признаков (Гомжина, Ганнибал, 2017, Микология и фитопатология, 51(5): 268–275; Zimowska, 2022, Springer Cham, 13–34).

С 1880 года, когда был описан род *Phoma* и по 2007 год, когда впервые для изучения этих грибов были применены молекулярно-генетические методы, идентификацию, классификацию и систематизацию фомоидных грибов осуществляли по морфологическим признакам. Существовала морфологическая концепция рода, в рамках которой на основании морфолого-культуральных признаков и субстратной специализации, в пределах рода *Phoma* выделяли девять секций (Boerema et al., 2004, CABI, 470). В то время уже были очевидны проблемы корректной идентификации фомоидных грибов до таксонов уровня вида по морфологическим признакам. В первую очередь причиной является тот факт, что набор морфологических признаков крайне скуден. Фактически, единственные структуры, признаки которых можно оценить, это пикниды, конидии и их особенности, форма и размеры. Впоследствии факт того, что морфолого-культуральные признаки не могут быть достаточными и исчерпывающими при проведении идентификации, поскольку они нестабильны, варьируют в пределах одного вида и диапазон изменчивости этих признаков может перекрываться для разных видов, подтвердился (Boerema et al., 2004, CABI, 470).

Молекулярно-генетические признаки оказались более надежными и первый глобальный вывод, который благодаря их использованию смогли сделать систематики, это полифилетичное происхождение рода *Phoma* (Aveskamp et al., 2010, Studies in Mycology, 65: 1–60). Оказалось, что морфологически единый род *Phoma* является группой неродственных родов и что морфологическая концепция рода не отражает

филогенетических отношений, и с этого периода для данной группы организмов и возник термин фомоидные грибы (*Phoma*-like fungi) (Гомжина, Ганнибал, 2017, Микология и фитопатология, 51(5): 268–275). Большая часть видов *Phoma* вошли в состав нового семейства *Didymellaceae* (de Gruyter et al., 2009), другие вошли в состав семейств: *Cucurbitariaceae* (Aveskamp et al., 2010, Studies in Mycology, 65: 1–60), *Leptosphaeriaceae* (Aveskamp et al., 2010, Studies in Mycology, 65: 1–60), *Phaeosphaeriaceae* (Phookamsak et al., 2014, Fungal Diversity, 68: 159–238) и др. Само имя рода *Phoma* сохранилось, имя имеет статус *nomen conservandum*. Род *Phoma* включает на настоящий момент единственный вид – типовой вид рода *Phoma herbarum*. Все остальные бывшие виды рода *Phoma* вошли в состав других родов.

Оценку биоразнообразия, корректную и надежную идентификацию видов фомоидных грибов в настоящее время осуществляют только с применением полифазного подхода в рамках консолидированной концепции видов (Consolidated species concept, CSC, Crous et al., 2015, Annual Review of Phytopathology, 53: 247–267), анализирующей в совокупности набор морфологических и молекулярно-генетических признаков. При этом в качестве основных используют молекулярные признаки, а к филогенетическим исследованиям должен быть применен принцип генеалогической согласованности (Genealogical Concordance Phylogenetic Species Recognition (GCPSR)) (Taylor et al., 2000, Fungal Genetics and Biology, 31(1): 21–32).

В поисках филогенетически информативных маркеров для реконструкции филогении фомоидных грибов использовали секвенирование большого перечня локусов генома. В первую очередь это были участки ядерной рДНК: область внутренних транскрибируемых спейсеров (ITS), последовательности малой (18S) и большой (28S) субъединиц рибосом. Хотя ITS-локус заявлен как универсальный баркод для многих родов грибов, в отношении фомоидных грибов он оказался недостаточным для разграничения видов, даже в комбинации с другими рибосомальными локусами 18S и 28S. Дополнительно использовали участки белок-кодирующих генов: α -субъединицы фактора элонгации трансляции (*tef1*), β -тубулина (*tub2*), актина (*act*), кальмодулина (*cal*), второй субъединицы РНК-полимеразы II (*rpb2*) (Aveskamp et al., 2010, Studies in Mycology, 65: 1–60; de Gruyter et al., 2012, Mycological Research, 113: 508–519; Chen et al., 2015, Studies in Mycology, 82: 137–217; Chen et al., 2017, Studies in Mycology, 87: 105–159; Gomzhina et al., 2020, Nova Hedwigia, 111(1–2): 131–149; Hou et al., 2020, Studies in Mycology, 96: 309–396; Hou et al., 2020, MycoKeys, 65: 49–99; Quaedvlieg et al., 2013, Studies in Mycology, 75: 307–390; Chen et al., 2023, Journal of Fungi, 9: 761; Гомжина, Гасич, 2024, Микология и фитопатология, 58(2): 145–162; Gomzhina, Gasich, 2024, Diversity, 16(4): 246) и др. Но, несмотря на обширную библиотеку полученных данных, выбрать один универсальный локус для надежной идентификации фомоидных грибов не удалось (Hou et al., 2020, Studies in Mycology, 96: 309–396; Hou et al., 2020, MycoKeys, 65: 49–99). Использование последовательности какого-либо одного локуса может недвусмысленно показать распределение изучаемых видов и штаммов лишь на уровне семейства и в некоторых случаях – родов. Длительное время считалось, комбинация четырех локусов ITS, 28S, *rpb2* и *tub2* обеспечивает надежной информацией для достоверного разграничения родов и даже близкородственных видов в семействе *Didymellaceae* (Chen et al., 2015, Studies in Mycology, 82: 137–217; Chen et al., 2017, Studies in Mycology, 87: 105–159; Hou et al., 2020, Studies in Mycology, 96: 309–396; Hou et al., 2020, MycoKeys, 65: 49–99; Chen et al., 2023, Journal of Fungi, 9: 761). Но и эта комбинация в отдельных случаях обладает низкой разрешающей способностью. Например, для идентификации отдельных видов *Boeremia* наибольшей информативностью обладает комбинация локусов *act*, *cal*, *tef1*, *tub2* и ITS (Hou et al., 2020, Studies in Mycology, 96: 309–396; Hou et al., 2020, MycoKeys, 65: 49–99). Для реконструкции молекулярной филогении в других семействах, включающих фомоидные грибы, необходимы альтернативные комбинации локусов. Например, для семейства *Leptosphaeriaceae* – ITS, 28S, *rpb2* и *tef1*, для семейства *Neocamarosporiaceae* – ITS, 28S, *act* и *tef1*.

Для идентификации фомоидных грибов морфологические признаки используют в качестве дополнительных. Таксономически значимыми признаками являются особенности пикнид, конидий, покоящихся структур, плодовых тел, если они есть в жизненном цикле. При исследовании этих признаков необходимы как прижизненные наблюдения, так и выделение штаммов в чистую культуру на питательную среду. Изучение штаммов в чистой культуре обычно проводят с использованием как минимум трех агаризованных питательных сред: картофельно-сахарозной, овсяной и солодовой. Культивируют штаммы фомоидных грибов две недели, первые семь суток в темноте, следующие семь – при переменном облучении ближним УФ в режиме день/ночь (Boerema et al., 2004, CABI, 470).

Исследования биоразнообразия фомоидных грибов в настоящий момент проводятся многими группами ученых по всему миру. Регулярно происходит описание новых для науки видов, родов и даже семейств (Chen et al., 2015, Studies in Mycology, 82: 137–217; Chen et al., 2017, Studies in Mycology, 87: 105–159; Gomzhina et al., 2020, Nova Hedwigia, 111(1–2): 131–149; Hou et al., 2020, Studies in Mycology, 96: 309–396; Hou et al., 2020, MycoKeys, 65: 49–99; Keirnan et al., 2021, MycoKeys, 78: 1–20; Chen et al., 2023, Journal

of Fungi, 9: 761; Gomzhina, Gasich, 2024, Diversity, 16(4): 246; Luo et al., 2024, Journal of Fungi, 10: 75; Wang et al., 2024, MycoKeys, 105: 217–251). В том числе, выяснилось, что среди фомоидных грибов крайне много видов-двойников. Все эти виды можно диагностировать только по молекулярно-генетическим признакам. На настоящий момент это одна из наиболее активно изучаемых групп грибов, являющая яркий пример неисчислимого скрытого биоразнообразия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-74-01035).

Атлас флоры России: сбор данных и их анализ “Atlas of the Russian Flora”: data collection and analysis

Дудов С.В., Серёгин А.П.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
serg.dudov@gmail.com

Стремительный рост объема доступных данных о биоразнообразии, в том числе — о географическом распространении растений — устойчивая тенденция последнего десятилетия. Полностью или частично оцифрованы крупные гербарии страны. Большой отклик как у профессиональных ботаников, так и любителей природы нашел проект-зонтик «Флора России» на платформе INaturalist. На платформе GBIF опубликована база данных «Local floras of Russia: records from literature», которая охватывает более 600 источников глубиной до 1975 года и содержит флористические данные по 3000 пунктов.

В этих условиях очевидна научная задача — переход от накопления и оцифровки данных к их научной обработке и анализу. В 2022-м году мы собрали компилятивный датасет FLORUS по распространению сосудистых растений на территории России. В него вошли все данные, ранее опубликованные в GBIF, а также ранее не публиковавшиеся фитоценотеки и оцифрованные литературные источники, любезно предоставленные коллегами. Мы привели всю таксономию к Catalogue of Life, автоматически исключили ошибочные и недостоверные данные. После чистки датасет включает 4.9 млн. записей (700 тыс. указаний для отдельных квадратов). В течение 2022–2024 годов мы занимались чисткой данных. Протокол проверки карт включает поиск ошибок геопривязки, проблем таксономической идентификации, отделения диких популяций от произрастания в культуре, отделение нативного и чужеродного ареалов. Все выявленные ошибки исправляются в базе данных, после чего мы обновляем карты. На февраль 2025-го года на портале <https://plant.depo.msu.ru/> опубликованы карты 9885 видов, обитающих в диком виде на территории России.

Полученный чистый массив данных позволяет проанализировать закономерности географии флоры страны на новом методологическом уровне. Мы привязали весь массив к квадратам 100×100 км, исключили все недоизученные квадраты на основе карты видового богатства Л.И. Малышева и выполнили кластерный анализ на нескольких вариантах метрик сходства: флористических и филогенетических. Полученные кластеры имеют географическую интерпретацию, их можно рассматривать как разные иерархические уровни районирования.

Оценка функционального разнообразия: основы метода и области применения Functional diversity approach: method basics and applications

Дудова К.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
k.v.dudova@yandex.ru

Функциональный подход к изучению биоразнообразия активно развивается в экологии в последние десятилетия. В рамках данного направления биоразнообразие рассматривается не как совокупность таксонов разных рангов, а как совокупность организмов с разнообразными значениями множества функциональных признаков. В целом, такие концепции, как системы жизненных форм, агроботанические группы трав и другие можно рассматривать в рамках функционального подхода. Однако разделение видов по группам в их рамках происходит на основании небольшого числа признаков и рассматриваемые признаки являются не количественными, а качественными. Современный функциональный подход предлагает рассматривать преимущественно количественные функциональные признаки, хотя и качественные также используются в ряде случаев (так, жизненную форму также можно рассматривать как такой признак).

В экологии функциональными называются признаки, которые прямо или косвенно влияют на приспособленность организма к условиям внешней среды. Примерами функциональных признаков для растений могут быть высота растения, масса его семян, площадь листа, содержание углерода, азота и фосфора в листьях, удельная длина корней и многие другие. Каждый функциональный признак связан с какими-либо жизненными функциями растений (например, рост, размножение, питание). Для разных видов каждый признак будет иметь свое значение (внутривидовая изменчивость в ряде случаев тоже может играть важную роль, но в большинстве фитоценологических исследований принимают, что межвидовая изменчивость признаков больше, чем внутривидовая) и как, правило, это значение используется как характеристика вида в исследованиях.

В связи с этим, одним из направлений является создание, пополнение и поддержание специализированных баз данных. Это важно, поскольку измерение большинства функциональных признаков требует значительных затрат времени и сил. Полное или частичное использование значений из баз данных позволяет снизить трудозатраты на выполнение исследования. Примерами крупных международных баз данных являются TRY, LEDA. Для использования значений из баз данных есть и ряд ограничений. Необходимо учитывать, для какого региона выполнено измерение, какой методикой, в какие даты и другие нюансы. Измерение необходимых для анализа признаков прямо в ходе исследования, на «своих» пробных площадях позволяет получить наиболее точные результаты. Однако в ряде случаев использование баз данных является необходимым.

Поскольку в большинстве случаев рассматривают средние значения функциональных признаков по видам, то для оценки функционального разнообразия необходимы данные о присутствии и участии каждого вида в исследуемом фитоценозе (как правило, на пробной площади). Именно поэтому элементы анализа функционального разнообразия достаточно легко включать в исследования, базирующиеся в своем дизайне на классических геоботанических описаниях пробных площадей. Имея списки видов на каждой пробной площади, информацию об их участии с привлечением специализированных баз данных можно оценить различные индексы функционального разнообразия на пробных площадях. Это может помочь выявить ряд дополнительных закономерностей по тематике исследования, по сравнению с рассмотрением только таксономического разнообразия.

Используют различные методики оценки участия видов в исследованиях функционального разнообразия. Наиболее точным является оценка по биомассе каждого вида. Однако этот же способ является и наиболее трудоемким. Оценка в процентах проективного покрытия занимает меньше времени и трудозатрат, но является менее точной. В некоторых исследованиях используют данные только о присутствии/отсутствии видов. Выбор методики оценки участия видов зависит от целей и задач конкретного исследования.

Поскольку функциональное разнообразие — это характер распределения функциональных признаков в сообществе, то для его описания используют различные индексы (метрики). Разработано большое число индексов, наиболее распространенными из них являются следующие три. Функциональное богатство отражает объем функционального пространства, который занимают виды сообщества. Этот показатель не требует учета участия видов в сообществе и в простейшем случае для одного признака представляет собой диапазон значений признака в сообществе. Функциональная выравненность определяется как разброс распределения обилий состояний признака в объеме функционального пространства. Выравненность будет высокой если у большинства видов будут примерно одинаковые значения признака, и низкой, если одной группе видов будут соответствовать очень низкие значения, а другой — очень высокие. Функциональная дивергенция оценивает регулярность распределения обилия состояний признаков в объеме функционального пространства. Высокая дивергенция будет, если в общем массиве данных выделяются группы видов с минимальными значениями признака и максимальными, а численность видов, для которых характерны средние значения признака невелика. Соответственно, низкая дивергенция будет отмечена в сообществе, где распределение по одному признаку будет колоколообразным: у большинства видов будут отмечены значения, близкие к среднему, и для меньшинства — наиболее низкие и наиболее высокие.

Оценка индексов функционального разнообразия возможна как для одного признака, так и для нескольких одновременно. Выбор признаков и индексов также зависит от задач исследования. Для проведения расчетов в среде R разработан ряд пакетов. Самым широко применяемым является пакет «FD». Он позволяет оценить средневзвешенные значения признаков для сообществ, а также рассчитать все базовые индексы функционального разнообразия.

Чем же интересен функциональный подход на современном этапе развития науки? Функциональные признаки организмов связаны с их приспособленностью, от их значений зависит, как организм будет реагировать на условия внешней среды и как он сам будет влиять на эту среду. Таким образом, рассматривая распределение признаков на уровне популяций, видов мы можем перейти на

уровень функционирования экосистем и далее их совокупности. А механизмы функционирования экосистем, их изменения под антропогенным влиянием или другими факторами — вопросы, представляющие интерес не только для фундаментальной науки, но и для прикладных сфер. С функционированием экосистем напрямую связаны так называемые экосистемные услуги: то, что человек получает от природных сообществ, социально-экономические функции экосистем. Это сено для животных, это грибы и ягоды. Это пространства для рекреационных целей. Это стабилизация гидрологического и снегового режима территорий. В виду значительной нарушенности экосистем на планете, на настоящий момент остро стоит вопрос поддержания уровня экосистемных услуг, его повышения и восстановления для нарушенных сообществ. В решении этих вопросов используются в том числе и методы функционального подхода.

Еще одно направление исследований — изучение механизмов формирования фитоценозов. Какие признаки важны для отбора видов в сообщества? Какие состояния различных признаков отбираются в конкретное сообщество? Случайны ли эти процессы? И в конце концов, такие практические вопросы, как: «виды с какими признаками нужно выбирать для посадок, чтобы получить гармонично функционирующее сообщество»?

Вопросы реставрации экосистем также актуальны. Значительные площади нарушенных территорий требуют восстановления близких к естественным растительных сообществ. И, кроме учета видового состава и структуры природных сообществ, используются и функциональные параметры, учет которых позволит восстановить не только состав и структуру, но и функционирование экосистемы.

Антарктика глазами бриолога

Antarctica through the eyes of a bryologist

Курбатова Л.Е.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

kurbatovale@binran.ru

Мохообразные — одна из немногих групп организмов, способных не только выживать в суровых условиях ледового континента, но и составлять основу экосистем свободных ото льда территорий Антарктики. Антарктическая бриофлора насчитывает 111 видов мхов и 27 видов печеночников (Bendarek-Ochyra et al., 2000; Ochyra et al., 2008; Li et al., 2009). Большая часть видов сосредоточена в районе Антарктического полуострова и близлежащих к нему архипелагов и островов (в так называемой Морской Антарктике). Здесь встречается более 100 видов мхов и все известные в Антарктике виды печеночников. Видовой состав континентальных оазисов крайне беден и насчитывает лишь 25 видов мохообразных. Число эндемичных мхов Антарктики невелико (всего 11 видов), эндемичных печеночников нет совсем, а большая часть бриофлоры составлена биполярными видами и видами, широко распространенными в Южном полушарии. Именно такие виды составляют основу моховых сообществ Антарктики и доминируют в них. Наиболее богата и разнообразна растительность в зоне Морской Антарктики, где на свободных ото льда участках формируются разнообразные растительные сообщества с участием лишайников, мохообразных, грибов и даже сосудистых растений (*Deschampsia antarctica* Desv. и *Colobantus quitensis* (Kunth) Bartl.). Здесь, как в сырых и переувлажненных местообитаниях, так и на хорошо дренированных склонах и сырых скалах мхи нередко доминируют и образуют разнообразные многовидовые ассоциации. На самом антарктическом континенте развиваются лишь разреженные растительные группировки, а мохообразные встречаются только в укрытых местах с обилием влаги, где они образуют 1–3 видовые сообщества, часто ассоциированные с цианобактериями, микромицетами и бриофильными лишайниками. Во внутриконтинентальных горных массивах и оазисах мхи очень редки, но отдельные находки известны до 84 градуса южной широты и до 2700 метров над уровнем моря (Ochyra et al., 2008).

Суровые условия сказываются на биологических и экологических адаптациях мохообразных в Антарктике. Особенно это заметно в континентальной ее части, где ниже относительные температуры и влажность воздуха, сильнее ветра, выше уровень солнечной радиации, а осадки выпадают только в твердой фазе. Мхи здесь никогда не растут отдельными побегами, а образуют дернинки, где стебли плотно связаны между собой ризоидным войлоком, что позволяет сохранять влагу и тепло. Нередко дернинки находятся практически целиком под слоем песка и на поверхности остаются лишь зеленые кончики побегов. Считают, что таким образом растения противостоят не только иссушению и низким температурам, но и избыточной инсоляции. У некоторых мхов (таких, как виды родов *Andreaea*, *Schistidium*, *Syntrichia*) побеги имеют адаптивную темную окраску, тем самым увеличивая температуру поверхности дернинки (Ochyra et al., 2008; Newsham, 2010). Успешное выживание антарктическим мохообразным обеспечивают физиологические адаптации, такие как выработка криопротекторов и

соединений, экранирующих УФ-излучение и обеспечивающих устойчивость к высыханию (Perera-Castro et al., 2020; Yin et al., 2023).

В условиях антарктического континента мохообразным необходимы микроместообитания, защищенные от ветра, с достаточным количеством талой воды и солнечного света. Благодаря небольшим размерам мохообразные занимают щели и трещины скал, укрытые от ветра ложбинки, скальные полочки благоприятной экспозиции, где скапливается вода и мелкие частички грунта. Поселяясь по краям многолетних снежников и небольших ледников, мхи обеспечивают себе постоянную влагу в течение вегетационного периода (Leishman et al., 2020). Кроме того, за счет неравномерного стаивания краев снежника, дернинки нередко оказываются защищены тонкими ледяными навесами, образующими подобие природной оранжереи. Как в континентальной, так и в морской Антарктике, мхи произрастают в непромерзающих пресных и соленых озерах на глубине более 80 метров (Wagn, Serepelt, 2006, Li et al., 2009; Rankin et al., 2017). В условиях континентальной Антарктики мхи охотно поселяются на остатках и костях птиц, обрастая их иногда полностью и получая, таким образом, дополнительное минеральное питание. В то же время в районе птичьих колоний в условиях избытка азота мхи редки, а специфические нитрофильные виды в Антарктике отсутствуют.

По современному распространению, экологическим особенностям произрастания антарктических видов и небольшой продукции спор можно предположить, как складывалась современная бриофлора этого сурового континента. Несомненно, занимавшие территорию Антарктиды в палеозое и мезозое древние флоры были богаты мхами и печеночниками (Ochyra et al., 2008). Сплошное оледенение Антарктиды в позднем кайнозое (около 50–55 млн. лет назад) уничтожило остатки флор более ранних периодов. Существует небольшая вероятность, что единичные виды пережили это время на нунатаках и, возможно, в глубоких озерах. Современное распространение антарктических эндемичных видов *Andreaea depressinervis* Card. и *Syntrichia sacroneurum* Ochyra & R.H. Zander говорит о том, что им, вероятно, удалось пережить плейстоценовое оледенение и затем вновь расселиться по всему континенту (Schuster, 1983, Ochyra et al., 2008). И все же основное заселение мхами освобождавшихся ото льда территорий Антарктики в постплейстоценовое время происходило преимущественно с юга Южной Америки (Ochyra et al., 2008), а современная бриофлора складывалась за счет переноса спор и вегетативных агентов расселения ветром и выживания наиболее приспособленных к суровым условиям видов. Единичные виды мхов были занесены человеком (например, *Funaria hygrometrica* Hedw.).

Терминологический аппарат в биологии инвазий: нужен ли стандарт?

Standardised terminology in biological invasions, a creative chaos

Леострин А.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

aleostrin@binran.ru

Инвазионная биология (invasion biology, invasion studies) – молодая и быстро развивающаяся отрасль науки, изучающая широкий спектр вопросов, связанных с распространением чужеродных видов. Ее терминологический аппарат, отчасти наследуя классическим понятиям экологии и биогеографии, отчасти складываясь у нас на глазах, представляет собой разнородное множество и является предметом живых дискуссий (Pyšek, 1995, Plant invasions..., 71–81; Richardson et al., 2000, Diversity and Distribution, 6: 93–107; Blackburn et al., 2011, Trends in Ecology & Evolution, 26: 333–339; Soto et al., 2024, Biological Reviews, 99: 1357–1390; и др.). Многочисленные термины, введенные в оборот разными научными школами и исследователями, перекрываясь по смыслу, существуют параллельно (нередко их значение понятно только в узком кругу специалистов). Нередко одно и то же явление описывалось набором разных терминов. В то же время для эффективной коммуникации исследователей между собой и с представителями других сфер деятельности необходим однозначный и ясный терминологический аппарат. В русскоязычной литературе ситуация дополнительно осложняется тем, что многие термины заимствованы из других языков.

В 20 веке развитие терминологии, связанной с чужеродными видами, во многом шло независимо в разных дисциплинах, в частности в зоологии и ботанике, что до сих пор оставляет след в словоупотреблении разными специалистами. Сейчас общий терминологический аппарат используют для всех групп организмов, хотя очевидно, что иногда это затруднительно. Непосредственно в ботанике эта тема преимущественно касается сосудистых растений, тогда как остальные группы представлены крайне слабо. Поэтому и терминологический аппарат в основном развивался применительно к сосудистым растениям.

В России основной интерес к данной теме исторически проявляли флористы (как специалисты по региональному разнообразию растений), что отражается и на характере исследований, и на применяемых

терминах. Современные региональные сводки уделяют заметно больше внимания учету и классификации адвентивных видов, чем это было еще 30–40 лет назад. Логичным образом флористические исследования со временем сфокусировались и на изучении процесса натурализации чужеродных видов, влияния их на редкие растения, ООПТ и т.п. Число работ, исследующих чужеродную флору, заметно растет в последние десятилетия.

Динамичное становление инвазионной биологии пережило смену поколений ученых, спектра представляемых ими наук, понятийного и терминологического аппарата. Существовавшая с начала 20 века т.н. «центральноевропейская» классификация адвентивных видов (Thellung, 1905, *Die Flora...*, 232–236; Holub, Jirásek, 1967, *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, 2: 69–113; Schroeder, 1969, *Vegetatio*, 16: 225–238; и др.) на рубеже веков уступила место т.н. «экологической» (Richardson et al., 2000, *Diversity and Distribution*, 6: 93–107; Pyšek et al., 2004, *Taxon*, 53: 131–143; и др.). В отечественной литературе, наоборот, в это время «центральноевропейская» классификация используется активно и русскоязычное пространство стало своеобразным резерватом «центральноевропейской» терминологии, не только широко применяя ее в региональных сводках, но и сформировав на ее основе еще некоторое количество терминов (Григорьевская и др., 2004, *Адвентивная флора...*, 320 с.; и др.).

Создание первой в России детально проработанной Черной книги (Виноградова и др., 2010, *Черная книга...*, 512 с.) стимулировало дальнейшее развитие исследований чужеродных растений и большее внимание к терминологии. После выхода «Черной книги Тверской области» (Виноградова и др., 2011, *Черная книга...*, 292 с.) довольно широко употребляемой стала принятая в ней классификация инвазионных чужеродных видов (Нотов и др., 2010, *Российский журнал биологических инвазий*, 3: 54–68), ранжирующая их по четырем категориям. В это же время была предложена другая, более детализированная классификация чужеродных видов (Крылов, Решетникова, 2009, *Бот. журн.*, 94: 1126–1148), предполагающая разделение всего множества неофитов на 10 категорий; позднее она была апробирована в ряде регионов.

Для России в целом все еще характерно крайне малое число крупных обобщающих работ по чужеродной флоре. Отметим, например, оценку чужеродной флоры Европейской России (Морозова и др., 2008, *Известия РАН. Серия географическая*, 5: 85–94) и ревизию инвазионной флоры России (Vinogradova et al., 2018, *Biological Invasions*, 20: 1931–1943); обе работы опирались на «экологическую» классификацию (Richardson et al., 2000, *Diversity and Distribution*, 6: 93–107; и др.). Последняя сводка инвазионной флоры страны (Сенатор, Виноградова, 2023, *Успехи современной биологии*, 143: 393–402) сделана, наоборот, с применением классификации Нотова с соавторами (Нотов и др., 2010, *Российский журнал биологических инвазий*, 3: 54–68). Крупных обобщающих работ с использованием «центральноевропейской» классификации не появилось.

Довольно регулярно терминологические дискуссии происходят и в русскоязычном пространстве. Так, о желательности использования отечественными ботаниками «экологической» классификации говорил Д.В. Гельтман (Гельтман, 2006, *Бот. журн.*, 91: 1222–1231). Ю.Ю. Дгебуадзе (Дгебуадзе, 2014, *Российский журнал биологических инвазий*, 7: 2–8) отмечал общие проблемы в применении российскими исследователями терминов инвазионной биологии (по результатам очередной конференции «Чужеродные виды в Голарктике»). Явную пользу приносят работы, обобщающие сами термины и их значения (Баранова и др., 2018, *Фиторазнообразие Восточной Европы*, 12: 4–22). Таким образом, сейчас в русскоязычной литературе свободно обращаются разнообразные термины и классификации, что также отражается и в региональных исследованиях, опирающихся на разные классификации. Применение классификаций, наиболее подходящих в конкретном случае (и разработка новых), совершенно оправданно, однако в случае компиляции и сравнения данных по разным регионам уже возникают проблемы. Характерно, что крупные отечественные «Флоры» крайне скупо используют термины инвазионной биологии.

В смысловом отношении процесс распространения и натурализации чужеродных видов часто пытались описать терминами классической биогеографии, т.е. касающимися процесса естественного расселения видов. Поэтому существенной задачей инвазионной биологии стало отделение традиционных биогеографических и экологических терминов и формулирование новых, отражающих ключевую роль человека в распространении адвентивных видов. Расселение видов – естественный процесс, участие человека в котором далеко не всегда легко отследить. Характерный пример – т.н. прогрессирующие виды, «range-expanding species» или «neonative species» (Essl et al., 2019, *BioScience*, 69: 908–919), новые местонахождения которых расположены близ известной границы ареала и текущее расселение которых может быть связано с трансформацией ландшафтов, а влияние на местную биоту тоже быть негативным, тем не менее к чужеродным их не относят.

Определения некоторых терминов были и остаются дискуссионными. Например, предполагает ли натурализация чужеродных видов размножение только в природных местообитаниях или во всех (в т.ч. в

антропогенных)? Один из наиболее острых вопросов – это понятие непосредственно об «инвазионном виде». Так, некоторое время термины «naturalized» и «invasive» существовали параллельно как полные или частичные синонимы и только постепенно обособились. В целом в определении инвазионного вида всегда сосуществовали два взгляда: антропоцентричный и природоцентричный. Что стоит во главе угла: вред человеку или вред природным сообществам? Конечно, оба взгляда имеют право на существование. Однако, если подходить к ним строго, то для одной территории можно получить существенно различающиеся списки видов. Со временем биологические инвазии стали рассматриваться как процесс, в ходе которого вид может менять свой статус; важным этапом в осознании инвазионного процесса стало развитие «концепции барьеров» (Richardson et al., 2000, *Diversity and Distribution*, 6: 93–107).

В целом последние десятилетия 20 века и первые годы 21 века можно назвать периодом становления нормы в системе понятий и терминов биологии инвазий. По-видимому, процесс этот не завершился и есть еще к чему стремиться. Хотя классическая «центральноевропейская» классификация остается понятной в среде исследователей, она, однако, все меньше используется в международной коммуникации применительно к инвазиям растений. В русскоязычной научной литературе она до сих пор употребима и относительно хорошо всем понятна. Тем не менее, и здесь заметна ее эрозия и замещение ряда терминов на принятые в англоязычной литературе (само слово «инвазия» или «инвазионный»).

Унификацию терминологии стоит рассматривать как цель возможно не вполне недостижимую, но безусловно благотворную для развития науки. Создавая же национальные системы терминов и классификации, необходимо понимать заведомую ограниченность их распространения и принятия. Существующий обширный набор терминов и понятий затрудняет коммуникацию между исследователями, поэтому практика аккуратного использования соответствующей терминологии представляется нам необходимым условием развития этой науки в России. Помимо того, как бы ни было сложно разобраться с терминологией внутри научного сообщества, но отдельную задачу представляет ясное и более или менее однозначное ее донесение до чиновников и законодателей, что все более актуально применительно к инвазионным растениям.

В дополнение к вопросам терминологии мы бы сформулировали следующие общие рекомендации при исследовании чужеродных флор:

- фиксировать в поле степень натурализации (а также численность или обилие) чужеродных видов в конкретных местах, а также отражать эту информацию на гербарных этикетках;
- при возможности вести списки чужеродных видов с оценкой их статуса в конкретном территориальном выделе: регионе, районе, городе, ООПТ и т.д.;
- фиксировать динамические тенденции в аборигенной флоре и отделять множество «прогрессирующих аборигенных видов» (native dominants, neonatives) от распространяющихся неофитов;
- в работах (особенно крупных) давать расшифровку используемых понятий или отсылку к работам, в которых они расшифровываются;
- не пренебрегать возможностью использовать категорию «неясный», когда статус вида не может быть уверенно определен (в т.ч. указывать альтернативу, например, «alien/native», «casual/naturalized»);
- дифференцировать инвазионные виды на те, для которых возможны меры регулирования и те, для которых они не очевидны.

Геномы растений: как прочесть и понять?

Plant genomes: how to read and to understand?

Логачёва М.Д.

Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

maria.log@gmail.com

Знание последовательности генома растений необходимо для широкого спектра исследований в ботанике, генетике, эволюционной биологии и биотехнологии. Однако несмотря на огромный прогресс в технологиях секвенирования, сборка геномов растений продолжает оставаться сложной задачей. Основные трудности связаны с большим размером и сложностью растительных геномов, обилием повторяющихся элементов, полиплоидией и высоким уровнем гетерозиготности, характерным для большинства растений. Эти факторы усложняют сборку, повышая требования к исходным данным и к вычислительным ресурсам. “Золотым стандартом” для сборки геномов в настоящее время является сочетание длинных чтений, полученных на платформах Pacific Biosciences или Oxford Nanopore Technologies и данных, характеризующих хроматиновые контакты (Hi-C) (см. обзор Kong et al., 2023, *Genomics, Proteomics & Bioinformatics*, 21(3): 427–439). Однако получение таких данных для растений, не относящихся к модельным видам или сельскохозяйственным культурам, сопряжено с большими сложностями, так как требует модификации и оптимизации экспериментальных протоколов с учетом

особенностей конкретного вида (размера клеток, состава вторичных метаболитов и т.д.). Ещё более сложной, чем сборка, задачей является аннотация геномов – то есть разметка их на структурно-функциональные элементы (гены и их части, регуляторные элементы, повторы) (Vuruputoor et al., 2023, *Applications in Plant Sciences*, 11(4): e11533). Несмотря на все сложности, к настоящему времени опубликовано более 100 высококачественных (уровня хромосом) сборок растительных геномов, представляющих все основные эволюционные линии – от печеночников до орхидных. Это дало возможность лучше понять основные закономерности эволюции генома растений, особенности организации хромосом и регуляции генов. В настоящее время происходит переход к новому уровню понимания – пангеномному (Lei et al., 2021, *Annual Reviews of Plant Biology*, 72: 411–435; Schreiber et al., 2024, *Nature Reviews Genetics*, 25: 563–577). Пангеном – это совокупность геномов многих особей (представляющих разные популяции/экоотипы/сорта) одного и того же вида. Анализ пангеномов растений показал необыкновенную динамичность генома на уровне вида. Так, у сои всего лишь половина генов представляет собой консервативную часть пангенома, то есть присутствует у всех изученных образцов, тогда как ещё половина есть только у отдельных образцов или их групп (Liu et al., 2020, *Cell*, 182(1): 162–176), определяя характерные для них черты (например, устойчивость к патогенам, эффективность усвоения микроэлементов из почвы и т.д.).

В своем докладе я расскажу о том, как современные технологии секвенирования и анализа данных помогают изучать геномы растений, какие есть проблемы на этом пути и какие открытия были сделаны в области геномики растений в последние годы.

Результаты изучения макроостатков ископаемых растений при помощи трансмиссионной электронной микроскопии

Results of the study of fossil plant macroremains using transmission electron microscopy

Носова Н.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

nnosova@binran.ru

Один из методов изучения ископаемых растительных остатков – это исследование ультратонкого строения кутикулы листьев при помощи трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ). В типичном случае наружный слой кутикулы представлен чистым кутином. Этот слой обозначается как кутиновый слой А, который подразделяется на очень тонкий многослойный слой А1, представленный чередованием электронно-плотных (непрозрачных) и электронно-прозрачных слоев, и аморфный, иногда с гранулами различной величины, слой А2. Под кутиновым слоем А расположен кутикулярный слой В, подразделяющийся на слой с фибриллами целлюлозы В1 и гранулярный В2. Кроме этого в слоях А1 и А2 могут выделяться подслои – верхний (U) и нижний (L).

Г. Гиньяр, один из ведущих специалистов по изучению ультратонкого строения кутикулы ископаемых растений, предложил два подхода для определения типа кутикул: один с наличием или отсутствием слоев А1, А2, В1, В2, другой – комплексный анализ, учитывающий комбинации всех выявленных признаков. Он полагает, что ультраструктурные особенности ископаемых кутикул можно считать столь же значимыми в таксономии, как и любой другой признак (Guignard, 2019, *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 271).

Мы провели ряд исследований ультратонкого строения кутикулы юрских и меловых листьев некоторых представителей голосеменных (Nosova et al., 2016, *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 233: 115–124; Nosova et al., 2019, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 271; Nosova, 2020, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 278). Полученные нами данные не совсем вписываются в предложенную Гиньяром классификацию кутикул. Гиньяр выделил для *Ginkgoales* два типа кутикул: А2+В1 (тип I) – для *Baiera-Sphenobaiera*, и А1U+А1L+А2+В1 (тип II) – для *Ginkgo-Ginkgoites-Pseudotorellia*. Однако, у одного из изученных нами видов, *Pseudotorellia asiatica*, в верхней кутикуле видны только три слоя: А1+А2+В1. Такая же формула была предложена Гиньяром для *Pachypteris* (Pteridospermales) и *Pseudocercospora-Ticoa* (Cycadales). В результате изучения кутикулы листьев трех разновозрастных видов *Mirovia* мы обнаружили существенные различия в их ультратонком строении, не позволяющие вывести единую формулу строения кутикулы для этого рода.

Выявлено, что кутикулы с одинаковой формулой могут иметь различные особенности строения слоев, особенно слоя А1 и его подслоев А1U и А1L. Некоторые признаки, например, извилистость слоя А1 или характер подслоя А1L, могут заметно отличаться для разных таксонов. Однако, это не отражено в сводной таблице с предположительно всеми выявленными признаками кутикул, которая легла в основу комплексного анализа для выделения типов кутикул, сделанного Гиньяром. Таким образом, в настоящее

время недостаточно данных для утверждения о большой значимости ультраструктурных особенностей кутикулы в таксономии ископаемых растений.

Культуры клеток высших растений как альтернативный источник лекарственного сырья

Higher plant cell cultures as an alternative source of medicinal raw materials

Повыдыш М.Н.

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет,

Санкт-Петербург, Россия

maria.povydysh@pharminnotech.com

В лекции рассматриваются перспективы использования культур растительных клеток в качестве альтернативного источника высококачественного возобновляемого лекарственного сырья. Клеточные технологии позволяют культивировать изолированные органы, ткани и клетки растений в условиях *in vitro*. Указанные технологии в настоящее время широко используются в декоративном растениеводстве и овощеводстве. Применение культур растительных клеток в медицине связано с накоплением фармакологически активных вторичных метаболитов (полифенольных соединений, терпеноидов, алкалоидов, стероидов, пигментов и др.). Было показано, что синтез вторичных метаболитов культурами клеток имеет характерные особенности, связанные с непрерывной пролиферативной активностью, а также недифференцированным состоянием клеток (Носов, 2010; Nosov et al., 2014; Томилова и др., 2022). Получение культур клеток лекарственных растений может решить проблемы ограниченности запасов лекарственного сырья, сохранения генофонда редких видов, а также невозможности выращивания многих видов растений традиционными методами (Эрст и др., 2015; Ноурани и др., 2021).

В ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России была организована одна из первых отечественных коллекций штаммов ценных и редких лекарственных растений, не произрастающих, или имеющих ограниченный ареал в России. К настоящему времени накоплен значительный опыт в технологии культивирования растительных клеток и тканей в условиях *in vitro* для получения специфических вторичных метаболитов, опыт разработки оптимальных питательных сред и условий культивирования с целью получения штаммов – продуцентов биологически активных веществ (БАВ), разработки нормативной документации (паспорт, лабораторный регламент) на штаммы-продуценты БАВ, регламентов на производство лекарственных препаратов и биологически активных добавок на основе биомассы (Пивоварова и др., 2023).

В общей фармакопейной статье (ОФС) №1.5.1.0001.15 «Лекарственное растительное сырье» Государственной фармакопеи Российской Федерации XV под лекарственным средством растительного происхождения понимается «вещество/вещества растительного происхождения и/или их комбинации, продукты первичного и вторичного синтеза растений, в том числе полученные из культуры растительных клеток». Однако в соответствии с указанной ОФС культуры растительных клеток лекарственным растительным сырьем не являются. В связи с этим возникает ряд вопросов: Каким требованиям должны соответствовать культуры клеток лекарственных растений, используемые для получения фитопрепаратов? Рационально ли применять к культурам клеток показатели качества, установленные для лекарственного растительного сырья? Как адаптировать подходы к их стандартизации? Эти вопросы будут рассмотрены в лекции на примере исследований, проводимых в ФГБОУ ВО СПХФУ.

Метаболомика растений в естественных местообитаниях

Plant metabolomics in natural habitats

Пожванов Г.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

pozhvanov@binran.ru

Метаболомика нацелена на изучение *совокупности* низкомолекулярных веществ – участников биохимических реакций, – а также их динамики в клетках, тканях, органах и целом растении. Метаболитный профиль, корреляции между содержанием метаболитов отражают развитие растения, ответ метаболитной сети на изменения окружающей среды и взаимодействие с другими живыми организмами. Эти данные с самого начала становления метаболомики оказались востребованы в рамках постгеномного анализа. Со временем метаболомика сформировала свою собственную предметную область, инструментарий и подходы к обработке и представлению данных. Подобно другим “омикомым” разделам биологии, метаболомика ставит задачей максимально широко охарактеризовать набор метаболитов, зачастую радикально отличающихся между собой по концентрации в растении и физико-

химическим свойствам. Последнее обстоятельство вынуждает использовать различные хроматографические и спектрометрические методы исследования молекулярного состава вещества, комбинацию нескольких аналитических платформ, генерирующих многомерные массивы данных.

В лекции мы рассмотрим типы метаболомного анализа; основные этапы нецелевого метаболомного анализа, базирующегося на газовой хроматографии–масс-спектрометрии, и последующую обработку данных методами мультивариантной статистики. Путь от растительного образца к финальным результатам будет проиллюстрирован конкретными примерами из работы лаборатории аналитической фитохимии, накопившей значительную экспертизу в области целевой метаболомики и метаболитного профайлинга растений и грибов. Объектами исследования лаборатории являются не только лабораторные модели и модельные организмы (развитие грибов, водорослей и высших растений, динамика ответа на стрессовые воздействия, гравитропический ответ, динамика метаболитных профилей в ходе развития секреторных структур, рост микромицетов при дефиците макроэлементов, токсическое действие тяжёлых металлов), но и растения в природных экосистемах. Несмотря на значительное влияние внешних/стохастических процессов на состояние метаболитного профиля, профайлинг позволяет выявлять ответ живых тканей растений на экологические условия и анализировать корреляции с физиологическими показателями и факторами среды. На примере изучения накопления и распределения анакардовых кислот в растениях *Farinopsis salesoviana* из природной популяции будет показано сочетание подходов нецелевой и целевой метаболомики и других методов исследования.

Подходы к описанию и дифференциации видов

Approaches to species description and differentiation

Потемкин А.Д.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

potemkin_alexey@binran.ru

Подходы к описанию и дифференциации видов — основополагающие моменты для флористических и таксономических исследований. Несопоставимые описания в таксономических обработках без четкого вычленения дифференциальных признаков — препятствие к выявлению рассматриваемых видов, создающие искаженные представления об их распространении и о флоре в целом.

В связи с вышеизложенным, видовое описание в таксономических обработках должно строиться по: (1) отличительным признакам видов рода и морфологически сходных таксонов так, чтобы (2) оно легко воспринималось, было четко структурировано и лаконично, без сложных фразеологических оборотов и, как правило, без глаголов как на русском, так и на английском языке. (3) При описании каждого признака/структуры важен не формальный подход, а поиск отличий от проявлений признаков в сравниваемых таксонах. (4) Ключевым моментом является соответствие типу и протологу вида, а также соответствие (5) экологических требований и (6) распространения известным данным. Несоответствие по пунктам 4, 5 и 6 поднимает вопрос о корректности определения и таксономического статуса. (7) В случае описания новых видов желательно получение видоспецифичных для рода молекулярных последовательностей и, (8) при наличии в GenBank последовательностей по другим видам рода, сравнение с ними. При этом ключевым моментом является наличие последовательной по материалу из типовых местонахождений видов рода.

Для дифференциации видов важно: (1) описание отличий от морфологически сходных таксонов с четким противопоставлением по каждому признаку; (2) составление ключей разных типов.

Обзор вариантов ключей представлен в работе Лобанова с соавторами (Лобанов и др., 2013, Труды Зоологического института РАН, Приложение 2: 249–268). Существует широкий круг работ по этому вопросу. По отдельным группам разработаны компьютерные программы. Важным моментом является одноходовость и многоходовость ключей. Многоходовость — это возможность на каждом шаге определения выбирать наиболее удобный или надежный для определяющего элемент распознавания из нескольких. Если такой возможности нет, то ключ считается одноходовым, а если она есть — многоходовым (Лобанов и др., 2013).

Дихотомический ключ может быть построен на приоритете (а) габитуальных признаков, что соответствует нашему восприятию вида в поле, но может быть проблемно для формулировки; (б) постоянно развитых, но порой трудно различимых признаков, требующих микроскопического исследования. При построении ключей важно стремиться к кратким и лаконичным тезам. Каждое положение тезы должно быть отражено в антитезе. Следует иметь в виду, что многосложные тезы, включающие несколько признаков, воспринимаются обычно по первым предложениям и работают хуже, чем односложные. Кроме того, по мере накопления представлений об изменчивости видов, положения

многосложной тезы для каждого вида могут приходиться в несоответствие с полученными представлениями о виде и мешать его определению.

Политомические ключи широко используются зоологами и не нашли широкого распространения в ботанической литературе, хотя в целом их использование представляется перспективным, особенно на основании должного программного обеспечения. В настоящее время известны программы для определения грибов, например [MycoKey](#) и [FungiVision](#). Табличные варианты политомических ключей использованы наряду с дихотомическими в изданиях «Флора мхов европейской части России» (Игнатов, Игнатова, 2003, 2004) и в выходящей с 2017 года многотомной сводке «Флора мхов России» (Игнатов и др., 2017, 2018, 2020, 2022 и др.). К политомическим ключам также следует отнести приводимые в части скандинавских определителей 2(3)-ступенчатые ключи, с обозначением тез и антитез преимущественно буквами, как, например, в получившей широкое признание “Illustrated flora of Nordic mosses” (Nyholm, 1956, 1986, 1996 и др.). Иногда подобные ключи составляются с цифрами (Wagner, 2016, Phytoneuron 2016–57: 1–22).

При создании ключей необходимо стремиться к наиболее коротким путям определения видов, с наименьшим числом шагов для получения однозначного результата. Поскольку любой ключ ориентирован на пользователя, важно давать ключи на апробацию, чтобы понять трудности, с которыми сталкиваются коллеги, слабые места и пути к совершенствованию.

Систематика и филогения злаков: методы и подходы Systematics and phylogeny of grasses: methods and approaches Пунина Е.О.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
epunina@binran.ru

Злаки – ключевой элемент в эволюции кайнозойской биоты умеренных широт. И сейчас они имеют неоценимое значение и как биоценозообразователи, и как объекты хозяйственной деятельности человека (достаточно вспомнить роль культивируемых злаков как продуктов питания в истории цивилизации и значение дикорастущих злаков как основного источника корма для многих сельскохозяйственных и диких животных). Несмотря на свое значение в природе и жизни человека, злаки были и остаются сложным объектом для исследователя. Значительная часть злаков не может быть безошибочно определена до вида и подвида в поле невооруженным глазом даже квалифицированным флористом.

Злаки – трудный объект для систематиков. Многие виды могут быть разделены на подвиды, разновидности, формы. При этом отдельные признаки, объявленные «таксономически значимыми», могут заметно варьировать, и границы между подвидами категориями и даже видами иногда достаточно условны. Это можно рассматривать как реализацию закона гомологических рядов изменчивости Н.И. Вавилова, причиной чему может быть широко распространенная у злаков отдаленная гибридизация (Цвелев, 1972, 2005 и др.), которая, на современный взгляд, является одним из мощных механизмов видообразования у цветковых растений (Soltis, Soltis, 2009; Родионов и др., 2013, 2019; Tkach et al., 2019 и др.). Гибридизация может происходить между таксонами различных рангов, а у злаков и между представителями разных родов, и, сопровождаясь полиплоидией, дает не только новые виды, но и новые рода. Многие рода злаков частично или полностью являются гибридогенными аллополиплоидами, а если учесть, что процессы гибридизации могли происходить неоднократно (Родионов, 2022, 2023), то восстановить происхождение таких таксонов и найти им однозначно определенное место в рамках линнеевской классификации крайне затруднительно.

Злаки демонстрируют удивительное разнообразие хромосомных чисел и строения кариотипов. Именно среди злаков обнаружены два из четырех уникальных вида с числом хромосом $2n = 4$ – *Zingeria biebersteiniana* и *Colpodium versicolor*. С другой стороны, новозеландский вид *Poa litorosa* имеет более 260 хромосом в кариотипе. Злаки демонстрируют практически все известные варианты изменений кариотипов: полиплоидные ряды, редукцию хромосомных чисел, изменение симметричности хромосом, изменение локализации или утрату кластеров рибосомных генов или иных повторяющихся последовательностей, выявление которых возможно молекулярно-цитогенетическими методами. Размеры хромосом злаков варьируют от 0.5 мкм (*Pleuropogon sabinii*, $2n = 42$) до 10 мкм (*Psathyrostachys juncea*, $2n = 14$) (Пунина и др., 2013). Число хромосом у каждого конкретного вида злаков в основном константно, но иногда могут быть выявлены и внутривидовые полиплоидные или анеуплоидные цитотипы, или хромосомные расы, и в каждом случае необходимо принимать взвешенное решение о таксономическом статусе подобных цитотипов (Шнеер и др., 2018). Если все же числа хромосом стабильны в пределах вида, то тогда они могут служить надежным диагностическим признаком, например, у видов родов *Trisetum*, *Alopecurus*, *Agrostis*, многих видов *Puccinellia*, мятликов из секций *Homalopoa*, *Macropoa*,

Ochlopora и др. Здесь обнаружение двух или более чисел хромосом (уровней пloidности) указывает на гетерогенность таксона (Пробатова, 2007). Наши исследования рода *Catabrosa* не только подтвердили правильность выделения Н.Н. Цвелевым нескольких видов из когда-то считавшегося монотипным рода, но и позволили описать еще два новых с ранее неизвестным октоплоидным числом хромосом (Punina et al., 2016). Полиплоидия и анеуплоидия наблюдаются во всех крупных родах у злаков. Полиплоидия, в особенности связанная с гибридизацией, расширяющей возможности дальнейшей эволюции таксонов (прежде всего – в новых условиях обитания), признается решающим фактором видообразования у злаков (Цвелев, 2005).

Современные исследования по систематике растений уже невозможны без применения молекулярно-филогенетических методов. По современным представлениям, основанным на совокупном анализе молекулярно-филогенетических, морфолого-анатомических и кариосистематических данных (Soreng et al., 2015, 2017, Kellog, 2015) подавляющая часть мирового разнообразия злаков разделяется на две основные клады (группы, не имеющие в данный момент определенного таксономического ранга): BOP (подсем. Bambusoideae, Oryzoideae, Pooideae) и PACMAD (подсем. Panicoideae, Aristidoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Arundinoideae, Danthonioideae). На основании молекулярно-генетических исследований были пересмотрены границы и объемы многих видов, родов и даже триб.

Актуальная современная задача – поиск оптимальных ДНК-маркеров для "штрих-кодирования" видов, дающих возможность надежно различать отдельные виды растений (см. обзор Шнеер, Родионов, 2018). Для животных уже найден и принят стандартный ДНК-штрихкод – фрагмент митохондриального гена CO1, но для растений он оказался неприменим из-за низкой и неравномерной скорости мутирования (Kress, 2017; Шнеер, Родионов, 2018; Жохова и др., 2019). Была организована специальная группа по поиску ДНК-штрихкода растений (Plant Working Group CBOL). Поиск велся среди нескольких хлоропластных генов (*matK*, *groB*, *groC1*, *accD*, *rbcL* и др.) и межгенных спейсеров (*trnH-psbA*, *atpF-atpH*, *psbK-psbI*). В качестве наиболее эффективных ядерных ДНК-маркеров видов рассматривались межгенные спейсеры ITS1 и ITS2 генов 35S рРНК (Kress, 2017; Шнеер, Родионов, 2018; Жохова и др., 2019). В настоящее время показано, что для разных систематических групп растений оптимально использовать разные маркеры ядерного и хлоропластного геномов и их сочетания.

Развитие технологий секвенирования ДНК нового поколения (NGS) позволило исследовать внутригеномный полиморфизм ядерных ITS-последовательностей у гибридов и полиплоидов, что обуславливает возможность верифицировать происхождение гибридов и строить гипотезы о происхождении полиплоидов. Было показано, что у гибридов первого поколения сохраняются оба паттерна ITS-последовательностей (риботипы) родительских видов (Punina et al., 2024), но у эуполиплоидов комплекс риботипов может быть и иным – доля некоторых предковых риботипов в объединенном геноме может быть крайне мала, а иногда эти минорные последовательности накапливают значительное количество мутаций, как, например, у полиплоидных видов *Avena* с С-субгеномом (Rodionov et al., 2020). В других случаях могут быть выявлены и неожиданные для изучаемого полиплоида риботипы: так, у тетраплоидного представителя рода *Zingieria* ($2n = 8$, $x = 2$), было обнаружено около 19% риботипов, характерных для вида другого рода, *Poa diaphora* s.l. ($x = 7$), участие которого в видообразовании у *Zingieria* ранее не предполагалось (Rodionov et al., 2021).

Бетаиновые липиды: структурное разнообразие, регуляция и значение в эволюции растений и грибов

Betaine lipids: structural diversity, regulation and importance in plant and fungal evolution

Сеник С.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

senik@binran.ru

Бетаиновые липиды представляют собой бесфосфорные глицеролипиды с триметиламмонийной группой в полярной части молекулы. Семейство бетаиновых липидов насчитывает три класса – диацилглицерилтриметилгосерин (ДГТС), диацилглицерилгидроксиметилтриметил-бета-аланин (ДГТА) и диацилглицерилкарбоксигидроксиметилхолин (ДГКХ), распространенные среди некоторых групп простейших, фотосинтезирующих бактерий, водорослей, грибов и споровых растений. У большинства из этих организмов бетаиновые липиды синтезируются не конститутивно, а в определённых условиях. У ряда организмов накопление бетаиновых липидов запускается в ответ на дефицит фосфора, у других является универсальным ответом на действие разнообразных экстремальных факторов, что связано с большой устойчивостью этих соединений к гидролитическому расщеплению. Бетаиновые липиды играют важную роль в поддержании целостности мембран. Благодаря структурному сходству с фосфатидилхолином (ФХ), основным фосфолипидом эукариотических мембран, ДГТС может в

некоторой степени замещать его и, по мнению ряда учёных, является эволюционным предшественником ФХ.

В докладе будут представлены данные о распространении бетаиновых липидов среди разных групп организмов, сделан обзор биофизических свойств ДГТС и его роли в адаптации к дефициту фосфора у растений и грибов, затронута проблема метаболизма бетаиновых липидов и его регуляции на уровне экспрессии гена ДГТС-синтазы, а также представлены данные о структурном разнообразии молекулярных видов ДГТС, полученном методами липидомики на основе ВЭЖХ-МС/МС.

Работа выполнена на базе научного парка СПбГУ, РЦ “Методы анализа состава вещества”, проект 42.39.809.2017.

Природоохранная оценка верховых болот Беларуси: теория и практика

Conservation assessment of bogs in Belarus: theory and practice

Созинов О.В.¹, Груммо Д.Г.², Зеленкевич Н.А.²

¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Республика Беларусь;

²Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск,

Республика Беларусь

o.sozinov@grsu.by, zm.hrumo@gmail.com

В настоящее время актуальной задачей в природоохранной практике является выделение биотопов, а также их комплексов с особой природоохранной ценностью. В первую очередь, это связано с тем, что современный опыт разработки природоохранной стратегии для любой проектируемой или действующей особо охраняемой природной территории (ООПТ) требует ранжирования природных объектов по степени их ценности с точки зрения поддержания биологического и ландшафтного разнообразия. Соответственно, при охране, а также при возникновении критических ситуаций усилия должны быть направлены в первую очередь на сохранение наиболее редких и уязвимых растительных сообществ, являющимися центральными компонентами биотопов.

Для выделения особо ценных растительных сообществ верховых болот Беларуси мы использовали методику (Зелена книга України, 2009), применение которой дает возможность для каждого объекта, или группы природных объектов получать интегральную природоохранную оценку и устанавливать категорию и режим охраны (природоохранный статус). Данная методика природоохранной оценки растительных сообществ базируется на принципах значимости доминирующих видов, которые участвуют в формировании сообщества как функциональной, так и конкретно-территориальной системы. В процессе работы нами выделено восемь диагностических признаков сообществ, каждое из которых имеет четыре градации. Последние, в зависимости от потенциального значения для сохранения и функционирования сообщества, оцениваются в баллах (от 1 до 4). Поскольку данные диагностические оценки неравноценны, мы используем коэффициенты качественной оценки фитоценозов (от 1 до 8).

В качестве корректного критерия по природоохранной значимости болотных растительных сообществ мы использовали синфитосозологический индекс (СФИ), предложенный С.М. Стойко. СФИ получаем путем суммирования показателей произведения значений оценок сообщества (СО) на ранговые коэффициенты их природоохранного значения (К), а полученная общая сумма делится на количество диагностических оценок (Н = 8): формула расчета: $СФИ = \sum (СО_n \times К_n) / Н$. Значения СФИ каждой растительной ассоциации (или синтаксона иного ранга, типа биотопа, типа леса) дают возможность обозначить синфитосозологические классы (СФК), которые позволяют классифицировать сообщества по уровню природоохранной значимости. Сообщества, СФИ которых >11, принадлежат к I, наивысшему фитосозологическому (природоохранному) классу — это наиболее ценные сообщества. Ко II синфитосозологическому классу отнесены сообщества, СФИ которых колеблется от 8 до 11, это регионально редкие сообщества. К III СФК отнесены сообщества, индекс которых находится в пределах от 5 до 7.9 — это типичные зональные сообщества, достаточно широко распространенные и довольно устойчивые к воздействиям антропогенных факторов. Сообщества IV СФК имеют наиболее низкие показатели СФИ (<5) и характеризуются наиболее низким природоохранным статусом.

В результате анализа данных по растительности верховых болот Беларуси нами выявлены три растительные ассоциации, имеющие наибольшие значения СФИ (8,6–10,9) и соответственно принадлежащие ко II природоохранному классу: *Ass. Rhynchosporietum albae* Koch 1926 Subass. R. a. *sphagnetosum baltici* Bogdanovskaja-Gienv 1928 (СФИ = 10,87), *Ass. Ledo palustris-Sphagnetum fusci* Du-Rietz 1921 em. Dierssen 1982 (СФИ = 9,12), *Ass. Empetro nigri-Sphagnetum rubelli* Napreenko et Smagin (СФИ = 8,62).

Выявленные редкие сообщества в большей степени встречаются на верховых болотах в Белорусского Поозерья — северной части страны. В большинстве своем данные сообщества находятся в пределах ООПТ,

где обеспечена их охрана наряду с другими фитоценозами. В первую очередь это заказники республиканского значения: «Болото Мох», «Ельня», «Красный Бор», «Корытенский Мох», «Острова Дулебы», «Жада» и др.

Соответственно, использование комплекса значимых в природоохранной практике критериев на уровне растительных сообществ, позволяет результативно провести созологическую классификацию фитоценозов и выявить их наиболее редкие, что дает возможность успешно создавать региональные Зеленые Книги, а также эффективно проводить природоохранные мероприятия и их устойчивое использование.

Для более масштабной природоохранной оценки комплексов биотопов с целью создания, подтверждения или изменения границ ООПТ, а также с целью необходимого достижения определенной степени интеграции отечественной природоохранной практики с общеевропейским опытом нами проведена оценка потенциальных водно-болотных угодий международного значения (в которых верховые болота являются ядром) на соответствие критериям и международной классификации. В настоящее время основным механизмом международной охраны болот является Рамсарская конвенция об охране водно-болотных угодий, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц. С 2020 г. под охраной Рамсарской конвенции в Беларуси находятся 26 водно-болотных угодий (3,7% территории страны; 96% площади Рамсарских угодий входят в состав ООПТ), в т.ч. ряд природоохранных объектов, где ядром являются наиболее ценные болота верхового типа (Березинский биосферный заповедник, национальный парк «Припятский», заказники «Ольманские болота», «Ельня», «Освейский», «Морочно», «Острова Дулебы», «Заозерье», «Козьянский» и др.).

С целью дальнейшего совершенствования управления объектами природно-заповедного фонда, мы предлагаем охраняемые верховые болота (включая и перспективные объекты) разделить на три категории, по следующим критериям:

- степень выраженности болотообразовательного процесса;
- скорость естественного развития торфяных болот;
- степень сложности болотного массива (ландшафтной структуры, растительного покрова, торфяной залежи);
- уровень антропогенного воздействия;
- ландшафтная, ценотическая и флористическая редкость и уникальность.

В результате, как приоритетные объекты для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, верховые болота Беларуси представлены тремя категориями:

КАТЕГОРИЯ А. Болота международного значения, где встречаются, уникальные и эталонные типы болот страны, раритетные растительные сообщества, редкие животные и птицы. Общая площадь болот данной категории составляет 120,6 тыс. га или 38,4% общей площади. Все эти болота охраняются в пределах Березинского биосферного заповедника и заказников республиканского значения.

КАТЕГОРИЯ В. Болота национального значения занимают 102,4 тыс. га (32,5%), в т.ч. охраняемые 86,9 тыс. га. К ним относятся эталонные болота региона с редкими и охраняемыми видами животных и растений.

КАТЕГОРИЯ С. Болота регионального (местного) значения занимают 37,6 тыс. га (в т.ч. охраняемые — 8,7 тыс. га). В этот перечень включены болота с редкими и охраняемыми видами животных и растений, а также ресурсозначимые болота (клюквенники). Объекты данной категории являются дополнительным резервом для расширения национальной системы ООПТ.

На законодательном уровне, в настоящее время, охрана биотопов (местообитаний) реализуется на основе Технического кодекса установившейся практики (ТКП) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств» ТКП 17.12-06-2021 (33140). Согласно ТКП к редким и типичным биотопам, подлежащих государственной охране, определено девять типов болотных биотопов. Данный ТКП применяется юридическими лицами, имеющими специалистов соответствующего профиля, при проведении ими научных и иных исследований и мероприятий в области охраны окружающей среды при выявлении типичных и редких биотопов и природных ландшафтов и оформлении их охранных документов, а также при подготовке представлений о передаче под охрану пользователям земельных участков и (или) водных объектов типичных и редких биотопов и природных ландшафтов.

Таким образом, использование экологически обоснованной оценки болотных экосистем на уровне растительных сообществ и комплекса биотопов позволяет объективно классифицировать природные объекты по природоохранной значимости и, в дальнейшем, рационально разработать устойчивые механизмы обеспечения эффективной охраны естественных экосистем.

Лихенологические исследования в Корьякии (Камчатский край)

Lichen investigations in Koryakia (Kamchatka Territory)

Степанчикова И.С.^{1,2}, Гимельбрант Д.Е.^{1,2}, Тимофеева Е.А.¹¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

stepa_ir@mail.ru

История исследования лишайников Камчатки и Командорских островов насчитывает более 200 лет. Первые сведения о разнообразии лишайников этого региона получены в XIX веке благодаря коллекциям Тилезиуса (Wilhelm Gottlieb Tilesius von Tilenau) и Альмквиста (Ernst Almquist) (Almquist, 1887, Vega-Expeditionens Vetenskapliga Iakktagelser, 4: 509–542; Nylander, 1887, Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie, 4(1): 198–286). Тем не менее, северная часть полуострова Камчатка и прилегающий участок материка, в настоящее время входящие в состав Корякского округа, до недавнего времени были совершенно не затронуты лихенологическими исследованиями. Существуют лишь отдельные образцы лишайников, собранные в XX веке в Корьякии преимущественно в ходе геоботанических экспедиций; большая часть этих материалов не имеет четкой географической привязки.

Первое специальное лихенологическое исследование на территории Корьякии было проведено в 2016 году Д.Е. Гимельбрантом в рамках экспедиции геоботанического отряда Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН под руководством В.Ю. Нешатаевой. Результатом этой работы стал список из 315 видов, обнаруженных на территории Паропольского дола в границах и в окрестностях Корякского государственного заповедника (Himelbrant et al., 2019, Новости систематики низших растений, 53(1): 107–142).

В 2018 году, в составе того же полевого отряда, исследования были продолжены Д.Е. Гимельбрантом и И.С. Степанчиковой на полуострове Говена; опубликован список из 394 видов, из которых 92 были впервые отмечены для Корьякии (Himelbrant et al., 2021, Новости систематики низших растений, 55(1): 121–162).

В 2019–2024 годах экспедиции геоботанического отряда БИН РАН были продолжены в различных районах Корьякии. Образцы лишайников, собранные участниками экспедиций К.И. Скворцовым, В.Е. Кириченко и В.Ю. Нешатаевой, определены авторами настоящих тезисов, а представители семейства *Teloschistaceae* Zahlbr. – И.В. Фроловым (Екатеринбург). Данные частично опубликованы (Himelbrant et al., 2023, Новости систематики низших растений, 57(2): L29–L37), исследования продолжаются.

Всего к настоящему времени для Корьякии известно 548 видов лишайников и ассоциированных с ними грибов. Из них 106 видов оказались новыми для Камчатки, в том числе 40 – для Дальнего Востока и 5 – для России. Один вид – *Caloplaca saviczii* I.V. Frolov (Frolov et al., 2021, The Lichenologist, 53(3): 233–243) – описан как новый для науки.

Метаболиты и геномы в идентификации микроводорослей

Metabolites and genomes in microalgae identification

Темралеева А.Д.

Всероссийская коллекция микроорганизмов (ВКМ), Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия

temraleeva.anna@gmail.com

Микроводоросли – это повсеместно распространенная группа окислительных фототрофных микроорганизмов про- и эукариотической природы разнообразная по морфологическим, молекулярно-генетическим и метаболическим свойствам. Несмотря на различную таксономическую принадлежность их функциональная роль в природе связана со способностью к фотосинтезу, азотфиксации (в случае с гетероцидными цианобактериями) и продукции широкого ряда метаболитов широкого спектра действия, которые могут прямо и косвенно влиять на другие организмы и параметры среды. В первом случае это метаболиты с фунгицидной, противовирусной, антибактериальной и другими активностями, обеспечивающие мобилизацию труднодоступных биофильных элементов, усиливающие рост и развитие, а также содействующие симбиозу. Во втором случае это метаболиты, которые усиливают агрегацию почвенных частиц, обладают водоудерживающими свойствами, адсорбируют питательные вещества, создавая благоприятные условия для увеличения биоразнообразия. Таким образом, микроводоросли являются устойчивыми фабриками по производству метаболитов с высокой добавленной стоимостью, включая алкалоиды, фитогормоны, витамины, пигменты, сидерофоры, цианотоксины, микоспорин-подобные аминокислоты и пр., которые все чаще применяются в промышленной, биомедицинской и сельскохозяйственной биотехнологии. Метаболические возможности микроводорослей обусловлены размером и структурой их геномов. В работе обсуждается, какие группы микроводорослей

биотехнологически перспективны, в каких экосистемах их искать и как использовать их метаболический потенциал.

Работа поддержана грантом РФФИ 25-26-00311.

Роль автофагии в росте и развитии мхов и покрытосеменных растений The role of autophagy in the growth and development of mosses and angiosperms

Тютерева Е.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
etutereva@binran.ru

Автофагия представляет собой один из базовых внутриклеточных путей активной деградации ненужных или поврежденных макромолекул и органелл. Из трех описанных к настоящему моменту типов автофагии у растений наиболее изучена макроавтофагия, цитологическим маркером которой является образование автофагосом, двумембранных везикул, доставляющих порции цитоплазматического материала в литические вакуоли для ферментативного разрушения. Процесс макроавтофагической деградации осуществляется при скоординированном участии более 40 высококонсервативных автофагических белков, кодируемых ATG генами (AuTophaGy-related genes).

На нескольких модельных видах покрытосеменных растений (*Zea mays*, *Oryza sativa*, *Glycine max*) и мохообразных (*Physcomitrium patens*, *Marchantia polymorpha*) к настоящему времени показано большое разнообразие функций автофагии. В нормальных условиях роста автофагия выполняет функцию контроля качества клеточных компонентов и участвует в регуляции процессов развития и прорастания семени, формирования пыльцы, соматического перепрограммирования клеток (пошаговом процессе изменения идентичности клеток), регуляции меристематической активности корня, а также онтогенетическом старении листьев и цветков.

Стресс-индуцированная автофагия, как правило, становится важнейшей частью адаптивной реакции растительной клетки, направленной на удаление поврежденных структур, ремобилизацию метаболитов и поддержание энергетического статуса клетки, а в некоторых случаях она выступает начальным этапом процесса программированной клеточной смерти. Показано, что автофагия участвует в ответах растительных клеток на такие стрессы как голодание по нутриентам, избыток и недостаток света, температурный стресс, засоление, гипоксия, окислительный стресс и засуха, а также патогенная атака.

Альгология и генетика: от первого тетрадного анализа к молекулярной филогении Algology and genetics: from the first tetrad analysis to molecular phylogeny

Чунаев А.С.

ГБОУ СОШ №91 Петроградского района, Санкт-Петербург, Россия
chunaev_as@mail.ru

Изучение менделевских закономерностей в ВУЗе предполагает рассмотрение вопросов, которые остались без ответа при знакомстве с наследием Менделя в школе. На некоторые из этих вопросов можно найти ответ в истории науки, на другие вопросы отвечают современные экспериментальные исследования. Грегор Мендель обобщил результаты своих опытов с горохом *Pisum sativum* L. в виде двух докладов в 1865 году и в статье, опубликованной в 1866 году (Mendel, 1866). В 1900 году его законы «переоткрыли» (De Vries, 1900a, b; Correns, 1900). Чем же отличались работы «переоткрывателей» законов Менделя от его собственного исследования? Ответ на этот вопрос можно получить, если сравнить понимание Менделем ограничения трактовки своих результатов «...тем обстоятельством, что при образовании различных зачатковых и пыльцевых зерен имеет место лишь приближение к равенству чисел, и математической точности в пределах каждого отдельного гибрида здесь ожидать не приходится» со смелым допущением одного из «переоткрывателей» – Карла Корренса о связи Менделевского расщепления 1:1 с редукционным делением (Mendel, 1866; Correns, 1900).

Гипотеза Корренса стала установленным фактом благодаря работе признанного альголога Адольфа Пашера (Pascher, 1916, 1918). Пашер впервые провёл анализ морфологических признаков у гаплоидных клеток зелёной водоросли *Chlamydomonas* – у родительских штаммов и у каждого из четырёх продуктов индивидуальных мейозов. В 1916 году Пашер опубликовал подробное описание своих опытов и наблюдений, а в 1918 – их теоретическую интерпретацию. В нескольких случаях две из четырёх клеток *Chlamydomonas*, образовавшиеся в результате мейоза, наследовали признаки одного родителя, а две другие клетки – признаки другого родителя. В одном случае Пашеру удалось наблюдать появление новых сочетаний морфологических признаков у гаплоидных продуктов мейоза.

Насколько важны были эти наблюдения, свидетельствуют результаты тетрадного анализа у грибов, послужившие основанием для моделей гомологичной рекомбинации (Holliday, 1964; Meselson, Radding, 1975), а также относительно недавние исследования признаков клеток пыльцы в тетрадах модельного объекта генетики цветковых растений – *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Preuss et al., 1994; Francis et al., 2007; Hawley, 2007).

Изображения семян гороха, отличающиеся по цвету (жёлтые или зелёные) и форме (гладкие или морщинистые), обычно присутствуют на иллюстрациях законов Менделя в школьных учебниках. Ген I (PsSGR), отвечающий за жёлтую окраску семядолей спелых семян гороха, локализован в хромосоме 2 гороха *Pisum sativum* L., а ген R(PsSBE1), отвечающий за гладкую форму семян – в хромосоме 3 (Sussmilch et al., 2022). Независимое расхождение негомологичных хромосом в мейозе объясняет независимое расщепление этих признаков семян гороха, и поэтому вполне правомочно их изображение на схеме скрещивания, иллюстрирующий соответствующий закон Менделя.

Оба эти признака – это признаки хлоропласта. Наличие хлоропластов роднит цветковые растения с водорослями, и можно задаться вопросом о поиске соответствующих генов у водорослей. Экспериментально показанное энзиматическое разрушение хлорофилла при созревании семян и при высыхании в темноте листьев срезанных растений гороха нарушается в результате мутации в гене I (PsSGR) (Armstead et al., 2007). Ген SGR Mg-дехелатазы есть у зелёных водорослей и у наземных растений (Shimoda et al., 2016; Matsuda et al., 2016), но его нет ни у красных водорослей, ни у цианобактерий. У *Chlamydomonas reinhardtii* Dang. продукт гена CrSGR участвует в образовании феофитина в реакционном центре фотосистемы II, но не влияет, в отличие от генов NYC1 и PaO, на содержание хлорофилла в клетках при выращивании на среде без азота (Chen et al., 2019). В противоположность этому, у тройного мутанта (sgr1 sgr2 sgrL) *Arabidopsis thaliana*, полностью лишённого активности гена SGR, фотосистема II синтезируется нормально (Chen et al., 2019).

Изучение гена ветвления крахмала R(PsSBE1) у гороха *Pisum sativum*, рецессивная аллель которого приводит к появлению «морщинистых» семян, даёт нам возможность задуматься об эволюции биогенеза хлоропласта у растений и водорослей. Появление изоформ фермента ветвления крахмала, – это один из последних этапов сложного пути эволюции биосинтеза крахмала в хлоропластах растений. Этот путь, требующий активности более 40 генов (не считая регуляторных генов), появился в процессе эволюции уже у зелёных водорослей, тогда как красные водоросли и глаукофитовые обходятся менее, чем 12-ю генами (Ball et al., 2011). При этом крахмал у красных и глаукофитовых водорослей образуется в цитоплазме за пределами хлоропласта. Предковой формой гена ветвления крахмала в хлоропластах Chloroplastida является ген ветвления гликогена у цианобактерий. Важную роль в формировании структуры крахмала играет и деветвящий фермент. Мутант sta7 с нарушенной функцией (гидролиз α -1,6-гликозидных связей амилопектина) деветвящего фермента у зелёной водоросли *Chlamydomonas reinhardtii* накапливает гликоген вместо крахмала (Mouille et al., 1996). Кроме эндосимбиотического переноса генов для объяснения особенностей эволюции генетического контроля биосинтеза крахмала у растений и у зелёных водорослей приходится привлекать представления о неоднократном горизонтальном переносе генов от хламидий (Chlamydia) и от других бактерий (Chang, 2023). Представление об изначальном синтезе крахмала в цитоплазме за пределами хлоропласта у общего предка трёх групп современных эукариотических водорослей легло в основу модели «переоснастки» (“rewiring”) хлоропласта ферментами, закодированными в ядерном геноме (Ball et al., 2011).

Паттерны развития раннего зародыша покрытосеменных растений

Development patterns of early embryo in angiosperms

Шамров И.И.^{1,2}, Анисимова Г.М.²

¹Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ivan.shamrov@gmail.com

Современные исследователи при трактовке данных по эмбриогенезу не в полной мере используют классические представления, которые позволяют охарактеризовать не только отдельные процессы, специфику структур, но и систему зародыша в целом. Базовые сведения очень важно учитывать при моделировании способов формирования зародыша (Bruckhin, Morozova, 2011, Math. Model. Nat. Phenom., 6(2): 1–53; Harnvanichvech et al., 2021, Quant. Plant Biol., 2, e3: 1–13). Морфогенезу зародыша свойственна периодичность. В нем имеется ряд стадий, различающихся по морфогенетической характеристике, морфофизиологическим процессам, функциональной перестройке и продолжительности. В ходе раннего развития выделяются две критические стадии: 2-клеточного и глобулярного зародыша. Уже во время первой стадии намечаются разные паттерны его образования. У большинства цветковых растений деление

зиготы является поперечным. В литературе есть данные, свидетельствующие о том, что оно может быть продольным или наклонным и даже не сопровождаться образованием перегородки. Размеры клеток и положение перегородки в 2-клеточном зародыше детерминированы. Так, *gnom* мутация у *Arabidopsis thaliana* связана с изменением асимметричного деления зиготы на равное или почти равное (Mayer et al., 1991, Nature, 353: 402–407; Mayer et al., 1993, Development, 117: 149–162). Во время глобулярной стадии изменяется паттерн развития, что связано с влиянием эндосперма, который выполняет не только трофическую функцию для формирования зародыша. Эндосперм участвует в создании сигналов (дипептидов, ауксина), которые регулируют дифференциацию и органогенез зародыша (Chen et al., 2014, Biochem. Soc. Trans., 42: 325–331). Отсутствие эндосперма половой природы в семени или наличие нарушений при его образовании приводит к остановке в развитии зародыша как при амфимиксисе (Yang, Lee, 2014, Bot. Stud., 55: 44), так и при апомиксисе (Юдакова и др., 2018, Бот. журн., 103(7): 908–918).

Нами предложена классификация способов формирования зародыша (Шамров, Анисимова, 2025, Бот. журн., 110(1): 5–28). В ней используется понятие «мегатипы эмбриогенеза», которое позволяет ранжировать все известные способы развития зародыша. Они выявляются уже после деления зиготы: поперечный, наклонный, иррегулярный (особенности заложения первой и последующих перегородок при образовании раннего зародыша), ценоцитный (нуклеарная стадия в развитии раннего зародыша). Основным мегатипом является поперечный, который присущ большинству цветковых растений. Он сопровождается образованием апикальной и базальной клеток, дальнейшие деления которых приводят к формированию двух линий развития на основе Т-образной или линейной тетрады клеток. В каждой линии участие производных апикальной и базальной клеток оказывается разным, что приводит к обособлению автономных типов эмбриогенеза – Onagrad-тип (зародыш образуется преимущественно из дериватов апикальной клетки), Asterad-тип (обе клетки принимают почти равное участие в построении зародыша) на базе Т-образной тетрады; Solanad-тип (зародыш образуется преимущественно из дериватов апикальной клетки), Caryophyllad-тип (зародыш образуется преимущественно из дериватов апикальной клетки, базальная не делится и входит в состав подвеска), Chenopodiad-тип (обе клетки принимают почти равное участие в построении зародыша) на основании линейной тетрады.

Все остальные мегатипы содержат особые типы эмбриогенеза. Наклонный мегатип отличается преимущественно косыми перегородками при образовании проэмбрио. Это связано со становлением характерного дорсивентрального строения проэмбрио и зрелого зародыша у злаков и ряда других однодольных. В этот мегатип может быть помещен Poad-тип эмбриогенеза (Батыгина, 1974, Эмбриология пшеницы, Л., 206 с.). Ценоцитный кластер представлен одним Раеonad-типом эмбриогенеза. Первые стадии развития зародыша характеризуются только митотическими делениями и отсутствием цитокинеза, как при нуклеарном эндосперме (Яковлев, 1958, Проблемы ботаники, 3: 168–195). Стадия свободоядерных делений в раннем развитии зародыша присуща также голосеменным (Тренин, 1988, Введение в цитозембриологию хвойных, Петрозаводск, 152 с.).

Иррегулярный мегатип включает два типа эмбриогенеза с меняющимся способом заложения перегородок при делении зиготы или образовании тетрады клеток, а также с нестабильным участием базальной клетки в построении тела зародыша. Первый тип (Piperad-тип эмбриогенеза) характеризуется не только продольными перегородками (Johansen, 1950, Plant embryology, Waltham MA., 305 p.). Ему присуще сочетание продольных, наклонных и даже поперечных перегородок во время деления зиготы и образования крестообразной тетрады клеток, а также отсутствие деления базальной клетки (Камелина, 1997, Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. СПб., Мир и семья-95, 2: 508–510).

Во втором, Orchidad-, типе эмбриогенеза иррегулярного мегатипа, предложенном нами, при поперечном делении зиготы выявляются разные формы тетрад и триад клеток проэмбрио, иррегулярность в делении и судьбе производных базальной клетки. Для большинства орхидных свойственны редуцированные глобулярные зародыши в зрелых семенах. У растений групп *Epidendrum vitellinum* и *Polystachya microbambusa* в зародышах отмечают зачаток семядоли. Однако, подробные данные по генезису «семядоли» отсутствуют либо они дискуссионны (Андропова, 1997, Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. СПб., Мир и семья-95, 2: 544–566). У ряда орхидных развитие зародыша описывали в рамках традиционных Onagrad-, Asterad- (Swamy, 1949, Amer. Midl. Nat., 41: 202–232) и Caryophyllad- (Kolomeitseva et al., 2022, Protoplasma, 259: 885–903; Ryabchenko et al., 2024, Protoplasma, 261: 411–424) типов. Некоторые авторы (Veyret, 1965, O. R. S. T. O. M., Paris, 106 p.; 1974, The Orchids Scientific Studies, New York etc., 223–265) отмечают вариабельность в ходе ранних стадий эмбриогенеза, выделяя группы особых типов: основной, или регулярный (развитие по определенным правилам), иррегулярный (развитие происходит по разным моделям), вторичный (отличается от основного типа скоростью образования гомологичных blastomerov, направлением заложения клеточных стенок, особенностями в дифференциации клеток). У многих видов, особенно гибридов, сем. Orchidaceae наблюдаются нарушения во время кариогамии при объединении ядра спермия с ядрами центральной

клетки. Образование эндосперма подавлено, а его первичное ядро чаще всего, не делясь, быстро дегенерирует (Савина, Поддубная-Арнольди, 1990, Сравнительная эмбриология цветковых растений, Л., 172–179). Можно предположить, что именно отсутствие эндосперма половой природы в семени или наличие нарушений при кариогамии в центральной клетке морфологически выражается девиантными моделями в раннем развитии зародышей, которые описываются в рамках разных типов либо характеризуются как мутации (Андропова, 2011, Бот. журн., 96(7): 858–863; Adronova et al., 2020, Int. J. Pl. Rep. Biol., 12(1): 56–66). Однако у некоторых видов орхидных с половым эндоспермом его первичная клетка остается одноядерной и сохраняется до заключительных стадий развития зародыша. У *Gymnadenia conopsea* (Шамров, Никитичева, 1992, Бот. журн. 77(4): 45–60) и *Listera ovata* (Шамров, 2001, Бот. журн. 86(1): 3–13) зародыши развиваются в рамках Onagrad-типа (основного, или регулярного по Veyret, 1965, 1974), при этом у первого вида зародыш с длинным однорядным подвеском, а у второго – зародыш без подвеска.

В типах выделены вариации: в Chenopodiad-типе – 3, в Piperad-типе – 4, в Solanad-типе – 10, в Asterad-типе – 11, в Caryophyllad-типе – 14, в Onagrad-типе – 18. Они основаны на характере первых делений в проэмбрио, числе этажей в нем, строении органов зародыша, которые в каждом случае указывают лишь на некоторые особенности эмбриогенеза. В новом Orchidad-типе можно предложить несколько вариаций: Orchideae-вариация (зародыши с многоклеточным длинным подвеском, Clements, 1999, In: Genera Orchidacearum. General introduction, Oxford: Oxford University Press., 1.1, 38–58), Coelogyne-вариация (в нитевидном подвеске формируются специфические клетки-крючки, Коваль, 2023), Liparis-вариация (одноклеточный лопастной или ветвистый подвесок, Kolomeitseva et al., 2019, Russ. J. Dev. Biol., 50: 136–145), Listera-вариация (зародыш без подвеска, Шамров, Анисимова, 2025, Бот. журн., 110(1): 5–28). В Asterad-типе была описана Penaeae-вариация, которая у *Gossypium hirsutum* (Joshi et al., 1967, Proc. National Inst. Sci. India., 33(1-2): 37–93) и *Laurus nobilis* (Souèges et al., 1967, Phytomorphology, 17(1-4): 255–261) отличается такими специфическими признаками, как наклонное положение перегородки при делении зиготы, крестообразный или изобилатеральный тип тетрады клеток (Титова, 1997, Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции, СПб, Мир и семья-95, 2: 512–516). Характер раннего развития зародыша напоминает, с одной стороны, Graminad-тип (наклонное положение первой перегородки), а с другой – Piperad-тип (деление в зиготе может быть наклонным, а тетрада – крестообразной). На основании этих признаков возможно выделение оригинального Penaead-типа.

Из имеющихся систем способов развития зародыша до сих пор используется классификация типов эмбриогенеза, предложенная Johansen D.A. (1950, Plant embryology, Waltham M.A., 305 p.). Предложенные в дальнейшем особые типы дополняют существующие классификации, что позволяет расширить арсенал возможностей при анализе особенностей развития зародыша (молекулярно-генетических, гистохимических, функциональных).

Распространение потенциально токсичных видов цианобактерий в прибрежной зоне Ладожского озера в районе Валаамского архипелага

Spread of potentially toxic species of cyanobacteria in the coastal zone of Lake Ladoga in the Valaam archipelago area

Аниканов Н.М.¹, Воякина Е.Ю.^{1,2}

¹Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
niklanikanov@gmail.com

Вредоносное «цветение» водоемов, вызванное активной вегетацией цианобактерий, признано одной из актуальных проблем современного мира в связи с его негативным воздействием на водные объекты. Данное явление наблюдается во многих водоёмах Северо-Запада России, в том числе и в Ладожском озере, имеющем важное природоохранное и рекреационное значение. Цель работы: оценить распространение потенциально токсичных видов цианобактерий в прибрежной зоне Ладожского озера в районе Валаамского архипелага.

Валаамский архипелаг расположен в глубоководной зоне Ладожского озера. Разнообразие биотопов акватории Ладожского озера в районе Валаамского архипелага обуславливает значительное видовое богатство водорослей и цианобактерий. Отбор интегральных проб фитопланктона проводили в период максимального прогрева воды во второй половине августа на 24 станциях, расположенных в различных частях Валаамского архипелага. Исследование проводили стандартными методами.

В период проведения исследования было обнаружено 11 таксонов цианобактерий рангом ниже рода, 6 из которых являются потенциально токсичными. Значения численности варьировали в диапазоне от 0,32 млн кл/л до 6,70 млн кл/л, биомассы – от 0,02 мг/л до 0,28 мг/л. В состав доминирующих видов на большинстве станций входили *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault 1886 и виды рода *Dolichospermum* (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009. Среди видов, продуцирующих микроцистин-LR, были обнаружены *Phormidium granulatum* (N.L.Gardner) Anagnostidis 2001, *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988 и виды рода *Dolichospermum* (Klebahn) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009. Численность данных видов превышает норматив Всемирной организации здравоохранения в 2 млн кл/л на станциях в Тростянском заливе и Золотой бухте (3,0 и 2,3 млн кл/л соответственно). Таким образом, в восточной части акватории Валаамского архипелага существует опасность токсического воздействия метаболитов цианобактерий в период максимального прогрева воды.

Изменение морфологии и биохимического состава клеток *Euglena gracilis* при культивировании в присутствии различных концентраций бутанола

Changes in morphology and biochemical composition of *Euglena gracilis* cultured in the presence of different concentrations of butanol

Бабич Д.И.¹, Гулк Е.И.¹, Тараховская Е.Р.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербургский филиал,
Санкт-Петербург, Россия
darababich1402@gmail.com

В настоящее время растет интерес исследователей к микроводорослям, в частности, к одноклеточной пресноводной водоросли *Euglena gracilis* Klebs – перспективному источнику промышленно-ценных метаболитов. Как и ряд других фотосинтетиков, эвглена обладает способностью сочетать процессы фотосинтеза и усвоения экзогенных органических соединений различной природы. Нас заинтересовало влияние на клетки эвглены такого необычного и малоисследованного субстрата, как бутанол. Целью данной работы стала оценка влияния различных концентраций бутанола на морфологические и биохимические характеристики *E. gracilis*.

Культуру *E. gracilis* (штамм Z) выращивали на среде Cramer-Myers при 25°C при постоянном освещении и перемешивании с добавлением бутанола (0.125%, 0.25% и 0.5%); в качестве контроля использовали автотрофную культуру клеток.

Полученные данные показали, что при росте в присутствии 0.25–0.5% бутанола клетки эвглены существенно изменяли форму, становясь более округлыми. Во всех исследованных концентрациях бутанол стимулировал в клетках эвглены накопление углеводов, в первую очередь запасного полисахарида – парамилона. На седьмые сутки культивирования с 0.125% бутанолом клетки содержали в 3.5 раза больше парамилона, чем в контроле. В течение следующих семи суток содержание полисахаридов в

миксотрофных культурах снижалось. Вероятнее всего, это обусловлено ускорением темпа роста культур, перешедших в экспоненциальную фазу. Также при переходе к миксотрофии в клетках наблюдалось резкое снижение (в среднем, в два раза) содержания хлорофилла *a* – основного фотосинтетического пигмента эвглен. Это явно говорит о смене основного источника углерода. При этом снижение содержания каротиноидов наблюдалось только в присутствии 0.125–0.25% бутанола, в то время как культуры, росшие при более высокой концентрации органического субстрата, напротив, накапливали эти пигменты (до 11 нг на клетку, по сравнению с 6 нг на клетку в контроле).

Проект выполняется при поддержке РНФ (грант № 25-24-00114).

Влияние гипотонического и температурного стресса на рост и биохимический состав зеленой микроводоросли *Dunaliella salina*

The effect of hypotonic and temperature stress on the growth and biochemical composition
of the green microalga *Dunaliella salina*

Барсова Е.А., Ковалев Н.Н.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

barsova.ea@dvfu.ru

В ряду абиотических факторов, влияющих на рост и биохимический состав микроводорослей, температура и соленость имеют одно из первостепенных значений. В естественных условиях микроводоросли регулярно подвергаются стрессу, вызванному резкими и частыми колебаниями температуры и солености. Однако стрессоры не всегда действуют аддитивно, – влияние одного фактора может как усиливать, так и ослаблять действие другого. Цель исследования – оценить эффект одновременного воздействия гипоосмотического и температурного стресса на рост и биохимический состав *Dunaliella salina* (Dunal) Teodoresco, 1905.

Исследование показало, что устойчивость *Dunaliella salina* к гипоосмотическому стрессу зависит от температуры: диапазон толерантности *D. salina* при 10°C находился в пределах 5–25‰, при 20°C – 15–25‰, при 30°C оптимальный рост культуры отмечен при солености 35‰, также в условиях 30°C установлена толерантность данного вида к солености 15‰. Суммарный эффект температурного и гипоосмотического стресса замедляет пролиферацию клеток, но не приводит к клеточной гибели. Максимальное количество погибших клеток отмечено в условиях 30°C, 5‰ и составляло 5,56%.

Общая динамика количественного содержания суммы хлорофиллов *Dunaliella salina* выражается в их снижении в условиях низкой температуры (10°C) в диапазоне солености от 5 до 25‰, при 35‰ содержание суммы хлорофиллов было выше в пять раз. При температурах 20 и 30°C независимо от солености количество пигментов достоверно не различалось. Накопление липидов в клетках микроводорослей в условиях температуры 10°C является одним из механизмов акклимации микроводоросли к низкотемпературному стрессу, в температурном диапазоне 20–30°C – к гипоосмотическому. В клетках микроводоросли *D. salina* идентифицировано 24 жирные кислоты, в том числе насыщенных – 27,3%, мононенасыщенных – 6,4%, полиненасыщенных – 64,5%. Акклимация *D. salina* к температуре в ряду 10→20→30°C сопровождалась снижением соотношения ненасыщенных жирных кислот к насыщенным и увеличением вклада ЖК п-6 ряда. Гипоосмотические условия не оказали влияния на профиль ЖК *D. salina*. Таким образом, показано, что акклимационный ответ *D. salina* на низкотемпературный стресс усиливает резистентность микроводоросли к гипоосмотическому стрессу. Повышение температуры совместно с понижением солености оказывают аддитивное влияние на физиологическое состояние культуры *D. salina*.

Морские цианобактерии, использующие дальний красный свет

Marine cyanobacteria that utilise far-red light

Батлукская М.Ю., Аверина С.Г.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

mika.the.bat@gmail.com

Использование дальнего красного света (ДКС, 700–800 нм) цианобактериями впервые показано в 1996 г. для представителей рода *Acaryochloris* Н. Miyashita & Chihara, обитателей морских вод и соленых континентальных ниш, и связано с конститутивным синтезом длинноволновой формы хлорофилла (хл) – хл *d*. Альтернативная, гибкая стратегия фотоакклимации к ДКС (FaRLiP, Far-Red-Light Photoacclimation) реализуется в виде индуцибельного синтеза хл *d* и/или *f* и перестройки фотосинтетического аппарата. Данный вариант адаптации встречается у цианобактерий из экологических ниш разной степени солености.

Из проб воды и обрастаний прибрежных участков Черного моря (район Севастополя) нами выделены 16 культур морских цианобактерий, спектры поглощения которых имеют длинноволновые максимумы (>700 нм) при культивировании в условиях освещения ДКС. Наличие хл *f* в клетках подтверждается результатами высокоэффективной жидкостной хроматографии метанольных экстрактов пигментов.

По совокупности морфологических признаков одноклеточные формы отнесены к роду *Chroococcidiopsis* Geitler, что подтверждается результатами анализа фрагмента последовательности гена 16S рРНК (630 п.н.). Трихомные штаммы являются *Leptolyngbya*-подобными формами, для точной идентификации которых необходимо генотипирование. Проанализированные последовательности гена 16S рРНК не обнаружили высокого уровня сходства с референсными последовательностями рода *Leptolyngbya* Anagn. & Komárek (пор. *Leptolyngbyales*) и кластеризуются с представителями родов *Nodosilinea* Perkinson & Casamatta, *Salileptolyngbya* Zhou и *Leptothoe* D. Konstantinou & S. Gkelis (пор. *Nodosilineales*). Созданная коллекция расширяет данные о биоразнообразии цианобактерий, использующих ДКС.

Исследование проводилось в рамках выполнения гранта РФФИ №24-24-00052.

Особенности таксономического состава альгофлоры и гидрохимических показателей воды Ижевского водохранилища в 2023-2024 гг. (Удмуртская Республика)

Features of the taxonomic composition of algal flora and hydrochemical parameters of the Izhevsk reservoir
water in 2023-2024 (the Udmurt Republic)

Глушко П.А., Халиуллина Л.Ю.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

polinglu@mail.ru

Ижевское водохранилище – крупный градообразующий водоем в черте г. Ижевска, воды которого использует МУП «Ижводоканал» для водоснабжения города. С начала 2000-х годов в водохранилище в летне-осенний период регулярно наблюдается «цветение» воды синезелеными водорослями и ухудшение качества воды.

Для оценки современного состояния водохранилища были собраны альгологические пробы: в сентябре 2023 г. отобраны разовые пробы воды на шести станциях, а в 2024 г. на трех постоянных станциях наблюдали сезонную динамику. Отбор и обработку проб проводили согласно общепринятым методам (Водоросли..., 1989). Химический анализ воды был проведен по показателям: рН, NO_3^- , PO_4^{3-} , Cl^- , HCO_3^- , O_2 растворенный, жесткость, Ca^{2+} и общая минерализация. При этом органолептически оценивался запах, также были определены прозрачность и цветность воды.

В альгофлоре водохранилища было обнаружено 210 таксонов. Наиболее разнообразными являются отделы Heterokontophyta (37%), Chlorophyta (27%) и Cyanobacteria (22%). Остальные отделы менее разнообразны: Euglenophyta – 6%, Charophyta – 6% и Dinoflagellata – 2%.

Концентрация клеток в составляла в среднем 72 млн. кл./дм³. Максимальная общая численность клеток наблюдалась в августе – 1038 млн. кл./дм³. Во всех пробах преобладал вид *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. & Kom., численность клеток которого составляла до 90% от общей.

Несоответствий СанПиН 1.2.3685-21 по изучаемым химическим показателям в период исследований установлено не было. При этом органолептический анализ выявил несоответствие качества воды гигиеническим нормативам по показателям запаха, цвета и прозрачности.

Decussiphycus sinensis (Bacillariophyceae, Mastogloiales) – новый вид, описанный из Китая, с комментариями по филогенетическому положению рода

Decussiphycus sinensis (Bacillariophyceae, Mastogloiales), a new species described from China,
with comments on phylogenetic position of the genus

Глущенко А.М.¹, Миронов А.В.^{1,2}, Кезля Е.М.¹, Мальцев Е.И.¹, Юрманов А.А.¹, Лю Я.³, Куликовский М.С.¹

¹Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия;

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

³Колледж естественных наук и технологий, Харбинский педагогический университет, Харбин, Китай
closterium7@gmail.com

В ходе изучения пресноводных диатомовых сообществ в провинции Хайнань (Китай) мы обнаружили ранее неизвестный вид диатомовых водорослей рода *Decussiphycus*, который предложен к описанию под названием *Decussiphycus sinensis* Glushchenko, Maltsev, Mironov, Liu & Kulikovskiy. Описание вида основано на исследованиях материала при помощи прямой световой, флуоресцентной и сканирующей электронной микроскопии. Проведено сравнение морфологических особенностей нового

вида с немногочисленными представителями этого рода. Новый вид можно отличить по комбинации признаков (контуры створок, форма концов створок, ультраструктура ареол). Также предложена новая комбинация – *Decussiphycus obtusus* (F. Meister) Glushchenko, Maltsev, Mironov, Liu & Kulikovskiy. Молекулярно-генетический анализ проведен на основе секвенирования маркерных генов SSU rDNA и *rbcL*. Нуклеотидные последовательности получены для *Decussiphycus* впервые. Обсуждаются филогенетические связи между *Decussiphycus* и ближайшими к нему по таксономическому положению родами *Aneumastus* и *Mastogloia*. Показано, что представители порядка Mastogloiales (а именно *Aneumastus*, *Mastogloia*, *Decussiphycus*) формируют хорошо поддержанную кладу.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №24-14-00165, <https://rscf.ru/project/24-14-00165/>).

Диатомовые водоросли как продуценты трехмерного наноструктурированного биокремнезема для очистки сточных вод

The 3D nanostructured diatom biosilica for wastewater treatment

Голубева А.И., Куликовский М.С.

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

aleksandra.golubeva.phd@gmail.com

Красители хранятся как промышленные отходы после того, как были использованы, а затем сбрасываются в естественные водоемы, превращая бесцветную чистую воду в загрязненную. В настоящее время было проведено множество исследований для поиска идеального метода удаления этих веществ, чтобы сточные воды можно было восстановить и переработать. Одним из наиболее перспективных методов является адсорбция, которая дает лучшие результаты, может использоваться для различных типов красителей и не требует сложного оборудования. В настоящем исследовании биокремнезем трех различных штаммов морских диатомовых водорослей рода *Nanofrustulum* Round, Hallsteinsen & Paasche из Щецинской коллекции культур диатомовых водорослей (SZCZ) был охарактеризован с помощью стандартных методов и идентифицирован как новый адсорбент.

Для получения биокремнезема штаммы культивировали при стандартных условиях (температура 20°C, освещение 100 мкмоль/с м² и 12:12 световой цикл) в 35% среде f/2. Через 14 дней культивирования биомассу собирали и нагревали с 30% H₂O₂ в течение 48 часов, промывали дистиллированной водой и высушивали в сушильном шкафу. Пористая структура материала была охарактеризована с помощью сканирующей электронной микроскопии и низкотемпературной адсорбции/десорбции азота, а элементная и функциональная характеристики были проведены с помощью EDS и ИК-Фурье спектроскопии. Далее биокремнезем (20 мг сухого веса) добавляли к водному раствору (20 мг/л) метиленового синего (МВ), механически перемешивали при 3000 об/мин и 23°C, а эффективность деградации измеряли спектрофотометрически при 665 нм в течение 3 часов. Аналогичным образом исследования равновесия проводили путем замеров деградации красителя с различной начальной концентрацией, а влияние кислотности исходного раствора измеряли при pH = 3, 7 и 11.

Эффективность деградации МВ превысила 97% для биокремнезема двух штаммов *Nanofrustulum shiloi* и 77% для штамма *Nanofrustulum wachnickianum*. Удалось увеличить эффективность удаления МВ в щелочных условиях (pH = 11) до 99,08% для одного из штаммов *Nanofrustulum shiloi*. Таким образом, биокремнезем *Nanofrustulum* может быть использован в качестве адсорбента для катионных красителей с высокой эффективностью.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №24-44-03001, <https://rscf.ru/project/24-44-03001/>).

Цианобактерии эпифитных ассоциаций прибрежий восточной части Финского залива Балтийского моря

Cyanobacteria of epiphytic associations of the coasts of the eastern part of the Gulf of Finland of the Baltic Sea

Горин К.К.^{1,2}, Швенглер (Ицык) Т.В.²

¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

gorinbio@gmail.com

Прибрежные водоросли и высшие растения являются важными субстратами для развития богатых видами бентосных альгоценозов, неотъемлемой частью которых являются цианобактерии. Однако, основная часть публикаций об их видовом составе в Финском заливе посвящена планктонным и

перифитонным организмам. Такое смещение фокуса значительно искажает картину о разнообразии цианобактерий.

Материалом работы послужили фиксированные, гербарные и живые образцы цианобактерий с водорослей и высших растений, собранные в прибрежьях острова Гогланд, Выборгского залива, архипелага Берёзовые острова, севера мелководной части акватории Финского залива (от пос. Приветнинское до г. Сестрорецк) и Невской губы в период с 2014 по 2024 гг. Определение основной части видового состава производили по морфологическим признакам. Идентификация видов, выделенных в чистые культуры, выполнена с помощью молекулярного анализа последовательностей гена 16s рРНК цианобактерий.

Выявлено 98 видов цианобактерий из 43 родов, 24 семейств и 12 порядков. Ведущее значение имели порядки Nostocales Borzi (30 видов), Chroococcales Schaffner (26 видов) и Oscillatoriales Schaffner (13 видов). По отношению к характеристикам местообитания 45 видов являлись бентосными, 32 типично планктонными, 7 бентосно-планктонными. Для остальных 14 видов характеристики местообитания не были установлены.

По видовому богатству цианобактерий, эпифитные ассоциации водорослей и высших растений незначительно отличались друг от друга и насчитывали 58 и 53 вида соответственно, при этом они имели всего 16 общих видов. При изучении водорослевых субстратов, больше всего видов цианобактерий (40 видов) было выявлено в ассоциациях с *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützing. На субстратах, представленных высшими растениями, максимальное количество видов было обнаружено на стеблях *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla – 28 видов.

Особенности усвоения глицерина одноклеточной водорослью *Euglena gracilis* в условиях миксотрофии и гетеротрофии

The study of glycerol assimilation by the microalga *Euglena gracilis*
under mixotrophic and heterotrophic conditions

Гулк Е.И.¹, Бабич Д.И.¹, Тараховская Е.Р.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербургский филиал,
Санкт-Петербург, Россия
kategul@gmail.com

Пресноводная одноклеточная водоросль *Euglena gracilis* Klebs способна к усвоению широкого спектра экзогенных органических субстратов. При этом некоторые субстраты по-разному влияют на клетки эвглены при росте на свету, то есть в условиях миксотрофии, и в темноте (гетеротрофные условия). Целью данной работы стало исследование процесса усвоения клетками *E. gracilis* многоатомного спирта глицерина при миксотрофном и гетеротрофном питании. Культуру *E. gracilis* (штамм Z) выращивали на минеральной среде Cramer-Muys при 25°C и постоянном перемешивании автотрофно (контроль), а также миксотрофно и гетеротрофно с добавлением 0.25, 0.5, 1 или 2% глицерина.

Исследование показало, что клетки *E. gracilis* эффективно усваивают глицерин как на свету, так и в темноте. Однако высокие концентрации спирта (1–2%) увеличивали лаг-фазу развития культуры до двух недель. Этот эффект особенно сильно проявлялся при росте культур в режиме гетеротрофии. В период лаг-фазы происходило накопление в клетках запасного полисахарида парамилона (до 955 пг на клетку, что в шесть раз превышает контроль). Избыток парамилона в дальнейшем расходовался в период экспоненциального роста культуры. Кроме того, в клетках, растущих на свету в присутствии 2% глицерина в четыре раза, по сравнению с контролем, повышалось общее содержание белка. Еще одним значимым изменением в биохимическом составе клеток при усвоении глицерина стало снижение содержания фотосинтетических пигментов (до 56% от контроля), что является маркером смены основного источника углерода. При этом содержание пигментов снижалось не только у гетеротрофных, но и у активно делящихся миксотрофных культур. Также, усвоение глицерина в режиме гетеротрофии привело к изменению формы клеток эвглены. В течение первых 4–7 суток культивирования клетки постепенно теряли изначальную веретеновидную форму и становились более округлыми, что приводило к уменьшению относительной площади поверхности.

Проект выполняется при поддержке РФФИ (грант № 25-24-00114).

**Структура фитопланктона пойменно-руслых комплексов притоков р. Волги
(бассейн Чебоксарского водохранилища)
The phytoplankton structure of floodplain-channel complexes of Volga River tributaries
(Cheboksary reservoir basin)**

Журова Д.А.^{1,2}, Воденеева Е.Л.¹

¹Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия;

²Нижегородский филиал ФГБНУ ГНЦ «ВНИРО», Нижний Новгород, Россия
ruthheatherale@gmail.com

Внутри пойменно-руслового комплекса каждый из элементов оказывает взаимное влияние не только в гидрологическом аспекте, но и определяет биоразнообразие гидробионтов и связи между ними, включая фитопланктон как важнейший компонент водных экосистем. Одним из ключевых факторов, обуславливающих формирование системы биотических взаимодействий, является гидравлическая связь между руслом и водоёмами поймы – неоднородная по своей продолжительности и степени в течение года.

Исследование фитопланктонных сообществ пойменно-руслых комплексов проводилось на примере разнотипных по гидролого-гидрохимическому режиму крупных притоков Средней Волги – Оки и Керженца. Альгофлора нижнего течения р. Оки и водоёмов её поймы насчитывала 268 таксонов рангом ниже рода, среди которых представители отдела Chlorophyta составляли 41% общего числа видов, Bacillariophyta – 31%, Cyanobacteria – 8% и Heterokontophyta (кл. Chrysophyceae) – 6%, доля остальных групп не превышала 1-5%. Продолжительное высокое половодье на р. Оке и сохранение в течение всего периода вегетации тесной гидравлической связи между руслом и пойменными водоёмами обеспечивали однородность флористического состава, ценотической структуры фитопланктона и его высокую продукционную способность. Биомасса фитопланктона отмечалась на уровне эвтрофных-гипертрофных вод: летом показатели достигали до 67,43 г/м³ на русле и до 107,83 г/м³ на пойме. Комплекс доминирующих по биомассе видов определяют хлорококковые водоросли (до 53-60%) и центрические диатомеи (до 31-45%), в осенний сезон также увеличивается доля цианобактерий (18%) в альгоценозе.

Видовое богатство пойменно-руслового комплекса р. Керженец оценивалось 180 таксонами, при этом альгофлора носила диатомово-зелёный характер (37% и 16% числа видов соответственно), среди других таксономических групп выделялись эвгленовые, составлявшие 12%, и динофитовые (11%). Высокая доля эвгленовых наряду с присутствием рафидофитовых отражала гумозно-ацидные условия водосбора. Сжатые сроки половодья и дальнейшая разобщённость русла р. Керженец с водоёмами поймы способствовали различию альгоценозов по составу и степени продуктивности: русловые характеризовались олиготрофией (биомасса не превышала 1 г/м³), старичные – эвтрофией (до 122,89 г/м³). В русле Керженца формировались диатомовые комплексы (до 98%) со значительной долей криптонад (до 68%). В пойменных озёрах весной преобладали диатомеи (до 82%), в условиях изолированности от русла (лето и осень) – различные представители фитофлагеллят, включая инвазионный компонент *Gonyostomum semen* (Ehrenberg) Diesing.

**Изменение биохимического состава красной водоросли *Furcellaria lumbricalis*
в зависимости от солёности воды**

Changes in the biochemical composition of the red alga *Furcellaria lumbricalis* depending on the water salinity

Замяткина Е.Б.¹, Янышин Н.А.¹, Тараховская Е.Р.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербургский филиал,
Санкт-Петербург, Россия
lizatekna@mail.ru

Морские водоросли адаптированы к определённым условиям среды, и любые изменения этих условий отражаются на их росте и биохимическом составе. Это особенно актуально при добыче промышленно ценных видов водорослей в условиях глобальных изменений климата. Интересным объектом для изучения является *Furcellaria lumbricalis* – типичный представитель сублиторальной альгофлоры северных морей, отличающийся высоким содержанием каррагинанов и фенольных соединений. Фурцеллярия способна расти в широком диапазоне значений солёности воды и обитает даже в распреснённых акваториях при солёности ~3‰. Целью нашей работы стало изучение влияния солёности воды на биохимический состав *F. lumbricalis*.

Водоросли были собраны в Белом море (Керетский архипелаг). Талломы фурцеллярии выдерживали при солёности 12.5, 25 (контроль) и 37.5‰ в течение 7 дней, после чего определяли в

клетках содержание пигментов (хлорофилла *a*, каротиноидов и фикобилинов), фенольных соединений, белка, а также биохимических маркеров стресса (H_2O_2 и малонового диальдегида).

Общее содержание фенольных соединений и отдельных групп фенольных метаболитов (катехинов и фенольных кислот) в талломах фуццеллярии уменьшалось как при снижении, так и (особенно) при повышении солёности воды (в 2–3 раза, по сравнению с контролем). Общее содержание белка при 37.5% уменьшалось с 40 до 30% сух. массы. Возможно, это связано со снижением интенсивности роста и биосинтетических процессов в клетках водоросли при субоптимальных значениях солёности. Различий между содержанием пигментов в талломах фуццеллярии при разных значениях солёности воды выявлено не было. Также не было показано статистически значимых изменений содержания биохимических маркеров стресса. По-видимому, за счёт своего высокого адаптивного потенциала фуццеллярия способна выдерживать изменения солёности воды в пределах 50% от контроля без заметных повреждений фотосинтетического аппарата и развития окислительного стресса.

Проект выполняется при поддержке РНФ (грант № 25-24-00114).

Цианобактерии в бентосных прокариотических альгоценозах среднего течения Муринского ручья (г. Санкт-Петербург)

Cyanobacteria in benthic prokaryotic algal coenoses of the middle stream of the Murinsky Creek (St. Petersburg)

Котова А.С.¹, Горин К.К.^{1,2}, Иванов С.Д.²

¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

kotova11.11.01@gmail.com

Муринский ручей протекает по территории Калининского района Санкт-Петербурга и является правым притоком реки Охта. Водоток испытывает значительную антропогенную нагрузку (Навинкин, 2016). Настоящая работа основана на сборах качественных проб бентосных цианобактерий, образующих макроскопические сообщества. Отбор материалов производили осенью 2022 г. и в период с мая по октябрь 2024 г. При сборе отмечали географические координаты станции, характер субстрата, а также температуру воды, pH, минерализацию и электропроводность. Качественный состав цианобактерий определяли при помощи микроскопических и культуральных методов.

Обнаружено 22 вида цианобактерий из девяти родов, шести семейств, четырех порядков, среди которых наибольшим числом видов были представлены таксоны *Phormidium* Kütz. ex Gomont, *Oscillatoriaceae* Engler и *Oscillatoriales* Schaffner соответственно. Большинство видов не имело широкого распространения в районе исследования, однако *Oscillatoria limosa* C.Agardh ex Gomont и *Phormidium tergestinum* (Rabenhorst ex Gomont) Anagn. et Kom. обнаружены на нескольких станциях.

В изученных альгоценозах по относительно обилию наблюдалось преобладание представителей родов *Phormidium*, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont и *Microcoleus* Desmazières ex Gomont. Отмечены различия в качественном составе цианобактерий произрастающих на различных субстратах. В эпифитоне доминировал *Microcoleus autumnalis* (Gomont) Strunecky, Komárek et J.R.Johansen 2013. Эпифитон в большей степени представлен двумя видами *Ph. nigrum* (Vaucher ex Gomont) Anagn. et Kom. и *Ph. aerugineo-caeruleum* (Gomont) Anagn. et Kom. На рыхлых субстратах альгоценозы формировались за счёт *Ph. tergestinum* и представителей рода *Oscillatoria*.

Анализ эффективности различных методов кибер-таксономического подхода для делимитации видов рода *Chloroidium* (Chlorophyta)

Analysis of the effectiveness of various methods of the cyber-taxonomic approach for the delimitation of species of the genus *Chloroidium* (Chlorophyta)

Кривина Е.С.¹, Портнов А.М.², Темралеева А.Д.¹

¹Всероссийская коллекция микроорганизмов (ВКМ), Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пушино, Россия;

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН,

Пушино, Россия

pepelisa@yandex.ru

В связи с развитием внедрения математических алгоритмов обработки молекулярно-генетических данных все большую важность приобретает оценка эффективности различных методов определения границ видов для различных групп организмов и накопление информации об их преимуществах и недостатках. В данной работе была оценена эффективность шести различных вычислительных алгоритмов делимитации

применительно к видовому разнообразию рода *Chloroidium* (Chlorophyta), которые можно условно разделить на три группы: 1) метод «KoT» (K по сравнению с Theta), базирующийся на популяционно-генетической теории; 2) методы разграничения, основанные на пороговых значениях – LocMin, основанный на концепции «прерывистого прерывания» и формализованный в функции «локального минимума» (LocMin), и ASAP (Assemble Species by Automatic Partitioning); 3) топологические алгоритмы – GMYC (Generalized Mixed Yule Coalescent), mlPTP и bPTP (Poisson tree processes). Набор данных включал 64 нуклеотидных последовательности фрагмента 18S–ITS1–5.8S–ITS2 представителей 10 видов рода *Chloroidium*. В роли внешней группы использован сиквенс *Watanabea reniformis* N.Hanagata, I.Karube, Chihara & P.C.Silva SAG 211-9b. Оценку эффективности алгоритмов проводили согласно рекомендациям Magoga et al. (2021). В качестве шкалы использовали восемь видов, чьи таксономические границы не вызывают сомнений. Наиболее высокой точностью отличался пороговый алгоритм ASAP (match – 88%, split – 12%). Результаты алгоритмов KoT, GMYC, mlPTP, bPTP были менее точными (75%). При этом они характеризовались большей склонностью к избыточному разделению таксонов (split – 25%). Напротив, алгоритм LocMin (match – 66%) имел тенденцию к объединению видов (merge – 33%). Таким образом, для анализа видового богатства рода *Chloroidium* на базе фрагмента 18S–ITS1–5.8S–ITS2 на данном этапе исследований можно рекомендовать ASAP.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FMRM-2022-0019, Роспрд 122040100065-3).

Влияние разных концентраций фосфора на состав жирных кислот и ростовые характеристики штамма *Eustigmatos vischeri*

Effect of different phosphorus concentrations on fatty acid composition and growth characteristics of the *Eustigmatos vischeri*

Кривова З.В., Мальцев Е.И., Куликовский М.С.

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева, Москва, Россия

kosiapeya@mail.ru

Многие виды Eustigmatophyceae представляют большой интерес для биотехнологий в качестве сырья для биотоплива, кормов для сельского хозяйства и косметологии. Известно, что водоросли под воздействием различных экстремальных условий (колебания температур, ограничение света, отсутствие важных макроэлементов) начинают активно накапливать полиненасыщенные жирные кислоты, широко востребованные в биотехнологии.

В данной работе было исследовано влияние разных концентраций фосфора в среде на ростовые характеристики и изменение профилей жирных кислот штамма *Eustigmatos vischeri* Ch-18. Материалом для данной работы послужил штамм эустигматофитовых водорослей, выделенный из почвенной пробы. Альгологически чистую монокультуру выращивали на модифицированной жидкой среде BBM в течение 20 дней. Рост проходил при концентрации азота 0,3 г/л и фосфора: 0 г/л, 0,005 г/л, 0,015 г/л, 0,11 г/л и 0,3 г/л. Для получения профилей ЖК использовался метод экстрагирования метиловых эфиров жирных кислот. Состав МЭЖК определяли с использованием газовой хроматографии.

Оптимальной для штамма была концентрация фосфора 0,11 г/л, при росте на этой среде отмечена наибольшая оптическая плотность. В данных условиях водоросли накапливали высокие проценты насыщенной пальмитиновой (25,1-28,4%) и полиненасыщенной омега-3 α -линоленовой кислоты (46,9-50,8%). Также в профиле ЖК были полиненасыщенная омега-3 ругановая (8,4-10,4%), насыщенная стеариновая (5,1-6,0%), полиненасыщенная омега-6 линолевая (2,5-3,8%) и ненасыщенная вакценовая (3,1-5,0%) кислоты. В то же время, самые высокие показатели омега-3 ПНЖК (в первую очередь α -линоленовой кислоты – 50,8%, ругановой – 10,4%) отмечены при росте на питательной среде с концентрацией фосфора 0,015 г/л, следовательно, она является оптимальной для культивирования водорослей с целью получения ПНЖК.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 23-74-10081).

Особенности межклеточных связей у сфацелариевых бурых водорослей (Sphacelariales, Phaeophyceae)

Features of intercellular communications in sphacelariaceous brown algae (Sphacelariales, Phaeophyceae)

Кудрявцева Е.О.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ekudryavtseva@binran.ru

Связь между клетками у бурых водорослей осуществляется через плазмодесмы. У наиболее просто устроенных Phaeophyceae плазмодесмы лежат разрозненно, т. е. независимо, в то время как у сложных

паренхиматозных форм плазмодесмы могут быть организованы в поровые поля. Число представителей класса, для которых установлены особенности локализации плазмодесм, на сегодняшний день невелико.

В целях расширения спектра изученных на предмет организации межклеточных связей видов бурых водорослей была исследована ультраструктура двух представителей порядка Sphacelariales – *Chaetopteris plumosa* (Lyngb.) Kütz. и *Battersia arctica* (Harvey) Draisma, Prud'homme & H.Kawai (= *Sphacelaria arctica* Harvey).

У исследованных видов выявлены значительные сходства в локализации плазмодесм. Плотность их расположения возрастает от центральной части таллома к периферии. В продольных клеточных стенках сердцевины встречаются лишь разрозненные плазмодесмы. Расстояния между ними составили 268 и 284 нм у *C. plumosa* и *B. arctica* соответственно.

В периферических областях таллома плазмодесмы часто расположены гораздо более плотно и равномерно. У *C. plumosa* расстояние между плазмодесмами в таких участках составляет 90 нм, а плотность их расположения – 39 на мкм^2 . У *B. arctica* эти участки встречаются чаще, расстояние между плазмодесмами в них составляет 105 нм, а плотность их расположения – 37 на мкм^2 .

Данные участки клеточных стенок с плотно лежащими плазмодесмами по количественным характеристикам соответствуют поровым полям, однако не имеют чётких границ, как последние. Ранее такой вариант организации межклеточных связей не описывался для бурых водорослей. Интерпретировать обнаруженную у сфацеляриев особую организацию плазмодесм можно двояко: либо такой вариант является переходным звеном между разрозненными плазмодесмами и поровыми полями, либо представляет собой совершенно иной тип межклеточных связей.

Исследование влияния окситетрациклина на культуру зеленой микроводоросли *Scenedesmus quadricauda*

Effect of oxytetracycline on the culture of the green microalgae *Scenedesmus quadricauda*

Максимова Н.Ю., Ипатов В.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

mosgormash2000@mail.ru

Антибиотики, применяемые в медицине, сельском хозяйстве и аквакультуре, являются компонентами загрязнения окружающей среды. Их содержание в водной среде варьирует от нг до мкг на литр. Главная причина опасности такого загрязнения заключается в приобретении микроорганизмами резистентности к воздействию антибиотиков. Было показано, что устойчивость к антибиотикам могут приобретать не только бактерии, но и микроводоросли, что может привести к нежелательным последствиям для всех живых организмов и экосистемы в целом.

Цель: оценить первичное и вторичное воздействие окситетрациклина (ОТЦ) на альгологически чистую культуру микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Bréb. Концентрации ОТЦ составили 0.01, 0.1, 1 и 10 мг/л. Контролем служила культура без добавления антибиотика. Численность клеток фиксировали методом прямого счета на 3, 7, 10, 14 и 21 сутки эксперимента. Дополнительно проведена оценка эффекта адаптации к ОТЦ методом пассажей по схеме 1→10 и 10→10 мг/л. Контролем служила культура, подвергнутая однократному воздействию ОТЦ в концентрации 10 мг/л.

Окситетрациклин проявлял альгостатический эффект, не вызывая гибели клеток, но приводил к угнетению или усилению роста культуры. Наиболее токсичной являлась концентрация ОТЦ 10 мг/л, при которой наблюдали статистически значимое угнетение на протяжении всего эксперимента. Максимальное отличие от контроля (на 80%) отмечено на 10 сутки опыта, после чего токсический эффект снижался. Более низкие концентрации – 0.01, 0.1 и 1 мг/л приводили к достоверной стимуляции (на 10 сутки на 34.5, 25 и 69% соответственно), либо не оказывали токсического эффекта. Согласно проведенному пробит-анализу, полуметальная концентрация (ЛК_{50}) составила 24.2 мг/л. Обнаружен эффект адаптации культуры к ОТЦ при повторном его воздействии. При этом чем выше была концентрация ОТЦ в процессе первичной интоксикации (1 и 10 мг/л), тем больше селективное действие отбирающего фактора и тем более выражен был эффект адаптации при вторичной интоксикации (10 мг/л).

**Разнообразие и распространение криптофитовых водорослей России,
выявленное по данным метабаркодинга**

Diversity and distribution of cryptophytes in Russia revealed with metabarcoding data
Мартыненко Н.А.¹, Гусев Е.С.¹, Кулизин П.В.², Стерлягова И.Н.³, Воякина Е.Ю.^{4,5}

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия;

²Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия;

³Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия;

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

⁵Санкт-Петербургский ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия

nikita-martynenko@yandex.ru

Криптофитовые водоросли – это группа небольших (5–50 мкм) одноклеточных организмов, обитающих в различных средах: пресноводной, солоноватоводной, морской и даже почвенной. Из-за особенностей строения и движения в пробе эта группа издавна привлекает внимание исследователей. В результате было описано более 200 таксонов (Guiry, Guiry, 2025). Род *Cryptomonas* Ehrenberg является самым разнообразным среди описанных криптофитовых водорослей. Его представители населяют самые разные пресноводные и наземные биотопы. В настоящее время из разных регионов планеты было типифицировано или описано с помощью молекулярно-генетических методов 34 вида этого рода. Географическое распространение некоторых видов можно оценить с помощью метода выделения клеток в культуру с последующим секвенированием репрезентативных генетических областей, что является надёжным, но довольно трудоёмким методом. Более того, данный метод не учитывает редко встречающиеся и потенциально некультивируемые организмы. Перспективным методом изучения биоразнообразия и распространения видов является метабаркодинг, при котором из тотальной ДНК, выделенной из природного образца, секвенируются целевые короткие фрагменты. Мы проанализировали данные метабаркодинга, полученные для водоёмов в европейских странах (PRJNA414052) и России (собственные данные). Было показано, что состав флоры криптонад Европы и России, выявленный с помощью метабаркодинга, во многом схож для двух регионов. Более того, с помощью данного метода были подтверждены находки некоторых видов рода *Cryptomonas*, описанных в России, но не найденные в Европе.

Encyonemataceae и Witkowskiaceae – новые семейства порядка Cymbellales (Bacillariophyta)

Encyonemataceae and Witkowskiaceae – new families in the order Cymbellales (Bacillariophyta)

Миронов А.В.^{1,2}, Мальцев Е.И.¹, Кезля Е.М.¹, Куликовский М.С.¹

¹Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия;

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

diatomironov@yandex.ru

Порядок Cymbellales – широко распространенная таксономическая группа двушовных диатомовых водорослей. Согласно классическим, общепринятым таксономическим представлениям, порядок включает четыре семейства – Anomoeoneidaceae D.G. Mann, Rhoicospheniaceae J.Y. Chen & H.Z. Zhu, Cymbellaceae Kütz. и Gomphonemataceae Kütz. При этом, семейства Cymbellaceae и Gomphonemataceae, описанные более двухсот лет назад, в настоящее время объединяют большинство родов и видов порядка – более 2000 таксонов. Кроме того, представители этих семейств характеризуются значительным разнообразием морфологии панциря. Несмотря на большое количество проведенных исследований, связанных с изучением морфологии и филогении диатомей порядка Cymbellales, филогенетические отношения между многими таксонами данной группы остаются неясными. Наиболее современные молекулярно-генетические данные также не дают однозначных представлений о систематике порядка и филогенетических связях между родами и семействами. Данные нового молекулярного анализа последовательностей генов SSU rRNA и *rbcL* позволяют выявить филогенетические связи между цимбеллоидными, гомфонемоидными и навикулоидными диатомеями порядка Cymbellales. На основании этого предложена новая система порядка, включающая два новых семейства – Encyonemataceae и Witkowskiaceae. Представлены морфологические диагнозы семейств. Молекулярные данные подкреплены результатами анализа ключевых морфологических признаков – типа организации шва, строения стигм и стигмоидов, устройства апикальных поровых полей и поровых окклюзий.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №24-14-00165, <https://rscf.ru/project/24-14-00165/>).

Оценка токсического потенциала цианобактерий некоторых водотоков и водоёмов г. Москвы

Evaluation of toxic potential of cyanobacteria in some watercourses and reservoirs in Moscow

Миронова Э.А.^{1,2}, Кезля Е.М.¹, Емельянова М.С.³, Куликовский М.С.¹¹Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия;²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

elechka-03@mail.ru

Цианобактерии – обширная группа фотосинтезирующих прокариот, представители которой широко распространены, в том числе в городских водоемах и водотоках. При этом, многие из них способны продуцировать токсины, представляющие опасность для здоровья человека и животных. Вопросы распространения токсигенных видов цианобактерий еще не решены и требуют всестороннего изучения таксонов из природных образцов при помощи полифазного подхода. Поверхностные воды г. Москвы в этом отношении остаются практически не изученными.

Отбор проб планктона и бентоса проведен в июне-июле 2024 г. на 20 водных объектах на территории г. Москвы. Выделено 53 штамма цианобактерий, проведено выделение ДНК и амплификация маркерного региона 16S-23S ITS rDNA. На 10 водных объектах отмечено «цветение» потенциально токсичных видов цианобактерий рода *Microcystis* (выделено 25 штаммов), также выделено 28 штаммов, относящихся к родам *Dolichospermum*, *Anabaena* и *Oscillatoria*, виды которых являются потенциально токсичными. Для оценки токсического потенциала амплифицировали специфические регионы генов, участвующих в синтезе микроцистинов (*mcuA*, *mcuB*, *mcuE*), анатоксина-а (*anaC*), цилиндроспермопсина (*cyrB*). В качестве положительного контроля использовали токсикогенный штамм *Microcystis* sp. CALU 972 из коллекции культур ресурсного центра «Культивирование микроорганизмов» научного парка СПбГУ (шифр проекта 124032000041-1). Контрольные штаммы других родов отсутствовали.

В результате обнаружено два потенциально токсичных штамма *Microcystis* sp. (были обнаружены ПЦР продукты, что свидетельствует о присутствии кластеров генов синтеза микроцистинов). В докладе будут представлены результаты морфологического и молекулярно-генетического анализа полученных штаммов цианобактерий.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №24-24-20116, <https://rscf.ru/project/24-24-20116/>).

Полифазный подход в исследовании цианобактерий оз. Хубсугул и некоторых других пресных водоемов Северной Монголии

Polyphasic approach in study of cyanobacteria of Lake Khubsugul and some other freshwater reservoirs in Northern Mongolia

Муравьева А.В.^{1,2}, Куликовский М.С.¹, Кезля Е.М.¹, Миронов А.В.^{1,3}¹Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия;²Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

murav722@gmail.com

Первые данные о цианобактериях в Монголии были получены в 1904 году В.Ч. Дорогостайским, который отметил один вид, и К. Остенфеллем (20 видов). К настоящему времени, по данным В. Tsegmid (2016), известно 226 видов. Большинство публикаций посвящено разнообразию цианобактерий древнего оз. Хубсугул, соленых озер, почвенных корок, а также их роли в образовании осадочных горных пород. Другие пресные водоемы Монголии изучены недостаточно. Большинство видов цианобактерий описано на основании морфологии. Исследования с применением молекулярно-генетических методов единичны.

Материалом для исследования послужили 14 проб бентоса и биопленок, из них шесть были отобраны в прибрежной части оз. Хубсугул, три – из озера Тэрхийн-Цааган-Нуур, три из рек и две – из горячих источников вблизи поселка Булнай. Обработка собранных проб была проведена в лаборатории молекулярной систематики водных растений ИФР РАН. Образцы просматривали под инвертированным микроскопом Zeiss Axio Vert.A1, обнаруженные клетки цианобактерий изолировали микропипеткой для получения альгологически чистых культур. Идентификацию таксонов проводили на основе изучения морфологии и с применением молекулярно-генетических методов.

В результате обработки материала было выделено 23 альгологически чистых штамма. Молекулярные последовательности по маркерному региону 16S rDNA получены для 10 штаммов. На данном этапе исследований выявлено, что штаммы принадлежат к 10 родам из порядков *Nostocales* и *Oscillatoriales*. Наибольшее число штаммов относятся к родам *Leptolyngbya* и *Geitlerinema*.

Также для 21 штамма был проведен поиск генов *msuE* и *anaC*, отвечающих за синтез микроцистинов и анатоксина-а, соответственно. По результатам ПЦР-анализа токсичных штаммов не обнаружено.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №24-44-03001, <https://rscf.ru/project/24-44-03001/>).

Предварительная оценка состава почвенных водорослей и цианобактерий ризосферы ячменя

Preliminary assessment of the composition of soil algae and cyanobacteria in the rhizosphere of barley

Новикова А.А., Бачура Ю.М.

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Республика Беларусь

novikovaalyona2000@gmail.com

Ризосфера является одной из наиболее важных и наименее изученных биотических зон взаимодействия корней растений, почвы и микроорганизмов. Среди микроорганизмов в ризосфере значительная роль отведена фотоавтотрофам – почвенным водорослям и цианобактериям, которые оказывают глубокое влияние на рост растений за счет синтеза питательных веществ, подавления фитопатогенов, улучшения структуры и качества почвы, поддержания баланса почвенной экосистемы.

Целью исследования является изучение качественного состава почвенных водорослей и цианобактерий ризосферы ячменя.

Отбор проб проводили в окрестностях агрогородка Поколюбичи Гомельского района. Методика исследования включала определение состава и изучение морфологии объектов. Культивирование объектов проводили методом агаровых культур, идентификацию – методом микроскопирования.

В ходе исследования было выявлено 17 родов водорослей и цианобактерий из 15 семейств, девяти порядков, пяти классов отделов Cyanobacteria (47%), Chlorophyta (35,3%), Heterokontophyta (17,7%).

Отдел Cyanobacteria включал класс Cyanophyceae, порядки Nostocales (75%), Oscillatoriales и Chroococcales (по 12,5%). В семейственном спектре преобладали Aphanizomenonaceae (37,5%), Nostocaceae, Oscillatoriaceae, Microcystaceae, Tolypothrichaceae, Rivulariaceae составили по 12,5%.

Отдел Chlorophyta был представлен классами Chlorophyceae (66,7%) и Trebouxiophyceae (33,3%), порядками Chlamydomonadales (66,7%), Chlorellales и Trebouxiales (по 16,7%). Доля представителей семейств Chlorosarcinaceae, Chlorococcaceae, Chlorellaceae, Chlamydomonadaceae, Actinochloridaceae, Trebouxiaceae была равнозначной (по 16,7%).

Отдел Heterokontophyta включал классы Bacillariophyceae (66,7%) и Xanthophyceae (33,3%) с порядками Tribonematales, Naviculales, Bacillariales и одноименными семействами.

Таким образом, предварительная оценка состава почвенных водорослей и цианобактерий ризосферы ячменя показала доминирование в составе альгоцианобактериальной флоры цианобактерий.

Разнообразие и возможные функции MEI2-подобных белков в жизненном цикле динофлагеллят

MEI 2-like proteins diversity and possible functions in the dinoflagellates life cycle

Палий О.С., Сафонов П.Ю., Бердиева М.А.

Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия

volchanka1996@gmail.com

MEI2 — это РНК-связывающий белок, впервые обнаруженный в делящихся дрожжах *Schizosaccharomyces pombe* Lindner, где он играет важную роль в переходе от митоза к мейозу. MEI2-белки имеют в своём составе три домена RRM (RNA recognition motif, мотив распознавания РНК), из которых RRM3 является наиболее консервативным. Гомологи MEI2 были найдены у высших растений, в зелёных и красных водорослях, у амёб и представителей группы Alveolata, в частности у динофлагеллят. Динофлагелляты — широко распространённая группа протистов, населяющих водные, в первую очередь морские экосистемы. Они являются одной из доминирующих групп первичных продуцентов кислорода и важным компонентом многих пищевых цепей. Динофлагелляты ответственны за образование вредоносных цветений, известных как «красные приливы». Для ряда видов был описан сложный жизненный цикл, включающий чередование бесполого и полового размножения с образованием временных и/или покоящихся цист. Молекулярные механизмы, регулирующие переходы между стадиями жизненного цикла у динофлагеллят, до сих пор остаются неясными. Понимание этих механизмов важно для изучения реакций динофлагеллят на изменение окружающей среды и образования цветений.

В рамках данной работы мы проанализировали разнообразие гомологов MEI2 в различных группах эукариот, включая динофлагеллят, чтобы проследить эволюцию генов, кодирующих белки MEI2, а также оценили гетерогенность гомологов MEI2 у динофлагеллят и обсудили потенциальные функции в этих микроорганизмах. В ходе исследований мы обнаружили не менее шести групп-гомологов MEI2-подобных

белков у динофлагеллят (вероятно, паралогичных). Также в аминокислотных последовательностях динофлагеллят был найден только домен RRM3. Учитывая полученные данные о MEI2-подобных белках, а также об активности гомологов MEI2 в клетках динофлагеллят, можно предположить, что данные белки могут играть важную роль на определенных стадиях жизненного цикла этих протистов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 22–74–10097).

Макрофиты обрастания повреждённой поверхности коралла *Pocillopora verrucosa*

Biofouling macrophytes on damaged surface of *Pocillopora verrucosa* coral

Резник Е.В., Бритаев Т.А.

Институт проблем эволюции и экологии им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

jenny-reznik@yandex.ru

В экосистемах коралловых рифов кораллы и макрофиты активно конкурируют за твёрдый субстрат, причём водоросли в качестве субстрата могут занимать ослабленную и повреждённую поверхность самих кораллов. Исход такой конкуренции может влиять на динамику рифовых сообществ. Цель нашего исследования – оценить динамику заселения водорослями искусственно повреждённой поверхности коралла *Pocillopora verrucosa*.

Эксперимент проводили в естественных условиях на колониях кораллов из аквакультуры, 25 и 50% поверхности которых были искусственно повреждены. Для оценки динамики заселения поверхности использовали фоторегистрацию (каждые 1-2 недели). Состав обрастателей анализировали по пробам поверхности с интервалами в 1,5 и 4 месяца.

Установлено, что полное заселение повреждённой поверхности занимало две недели для сильно повреждённых колоний и три – для умеренно повреждённых, после этого площадь обрастания оставалась относительно стабильной.

Через 1,5 месяца после начала эксперимента основу обрастания составляло сообщество водорослевого торфа, состоящее преимущественно из красных водорослей *Bryocladia scopulorum* (= *Polysiphonia scopulorum*) и *Gayliella fimbriata* (= *Ceramium fimbriatum*), кроме того, встречались отдельные «пятна» цианобактериальных плёнок. Через четыре месяца после начала эксперимента к массовым видам сообщества добавились *Heterosiphonia* sp. (первая находка во Вьетнаме), *Sphacellaria* sp., *Rama falklandica* (= *Cladophora subsimplex*); так же присутствовали *Padina* cf. *australis*, *Laurencia obtusa* var. *densa*, *Jania pedunculata* var. *adhaerens*, плёнки цианобактерий на отдельных колониях занимали значительную площадь.

Через 1,5 месяца после эксперимента видовое богатство водорослей в составе обрастания было довольно небольшим. При этом оно было сходным на всех экспериментальных колониях. Через четыре месяца после начала эксперимента видовое богатство водорослей на колониях увеличилось, при этом стало отчетливым расхождение в составе обрастания между экспериментальными колониями.

Амебоидно-жгутиковый переход у гетероконтофитовой водоросли *Rhizochromulina* sp. B44

Amoeba-to-flagellate transition in heterokontophyte alga *Rhizochromulina* sp. B44

Сафонов П.Ю., Скарлато С.О., Бердиева М.А.

Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия

safonov.incras@gmail.com

Rhizochromulina — род одноклеточных гетероконтофитовых водорослей с единственным описанным видом — *R. marina*. Вегетативные клетки *R. marina* амебоидные, с тонкими псевдоподиями. При этом амебоидные клетки способны переходить в жгутиковую форму: показано, что у *R. marina* амебоидно-жгутиковый переход запускается в ответ на замену среды на свежую с дальнейшим инкубированием культуры в темноте на протяжении 1–2 суток.

Недавно нами был описан новый штамм — *Rhizochromulina* sp. B44. Мы обнаружили, что запуск амебоидно-жгутикового перехода у этой водоросли провоцируется длительным перемешиванием культуры. Были получены образцы тотальной РНК амебоидных и жгутиковых клеток *Rhizochromulina* sp. B44, затем использованные для секвенирования с дальнейшим анализом дифференциальной экспрессии генов. Был выявлен 221 дифференциально экспрессируемый ген (ДЭГ), из них уровень экспрессии 193 при переходе в жгутиковую форму снизился, а уровень экспрессии 28 генов возрос. Среди ДЭГ со сниженным уровнем экспрессии были гены, кодирующие белки, участвующие в репликации ДНК, гены коровых гистонов, ферментов пути биосинтеза азотистых оснований и нуклеотидов, а также белков, вовлеченных в протекание различных фаз митоза. Среди генов с повышенным уровнем экспрессии были гены ферментов пути биосинтеза хлорофилла, ген большой субъединицы рубиско и гены белков,

вовлеченных в адаптацию фотосинтезирующих организмов к избыточной освещенности. Таким образом, жгутиковые клетки *Rhizochromulina* sp. B44, вероятно, выполняют функцию расселения и избегания неблагоприятных условий. На этой стадии не происходит деление клетки, и повышается эффективность фотосинтеза.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы ИИЦ РАН № FMFU-2024-0012.

Влияние концентрации азота в питательной среде на рост культур диатомовых водорослей

The effect of the nitrogen concentration in the medium on the growth of diatom cultures

Селезнева А.П., Мальцев Е.И., Кривова З.В., Куликовский М.С.

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

seleznevaanna03@gmail.com

На данный момент, культивирование водорослей используется для создания кормов и подкормок для животноводства и аквакультур, биотоплива, а также получения различных метаболитов, в том числе пигментов, липидов (например, омега-3-ненасыщенных кислот), изопреноидов. На накопление данных веществ в клетках влияют условия культивирования и состав питательной среды, поэтому изучение того, как различные стрессы влияют на метаболизм клеток, является актуальным.

Одним из важнейших факторов, влияющих на рост диатомовых водорослей, является содержание азота в питательной среде. Помимо влияния на продуктивность и скорость роста культуры, азотное голодание также влияет и на синтез метаболитов.

В данной работе был проведён анализ эксперимента по выращиванию двух штаммов диатомовых водорослей на средах с разной концентрацией азота от 0 до 0,6 г/л в среде WC.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации России 124052200012-7 (номер темы FFES-2024-0001).

Глубоководные водорослевые сообщества континентальных водоёмов оазиса Бангера (Восточная Антарктида)

Deepwater algal communities of continental waterbodies of the Bunger Oasis (East Antarctica)

Смирнова С.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ssmirnova@binran.ru

Оазис Бангера расположен в западной части Земли Уилкса Восточной Антарктиды и представляет собой свободный от оледенения участок суши с многочисленными озёрами различной глубины, а по его краям расположены эпিশельфовые водоёмы.

В ходе участия в 69 Российской Антарктической экспедиции в летний сезон 2023-2024 гг. были собраны образцы альго-бактериальных сообществ континентальных водоёмов оазиса. Для изучения внешнего вида, структуры и состава водорослевых сообществ, произрастающих на глубине, из центральной части 13 континентальных и двух приледниковых озёр были собраны образцы водорослевых сообществ (матов). Сборы проведены при помощи донных пробоотборников с надувной лодки или со льда. Одновременно со сбором проб была произведена видеофиксация внешнего вида донных сообществ.

Глубина изученных озёр, зафиксированная в местах пробоотбора, варьировала от 1,7 до 90 м. По мере увеличения глубины произрастания структура водорослевых матов менялась, становилась более рыхлой и студенистой. В составе глубоководных матов были отмечены цианобактерии родов *Leptolyngbya* Anagnostidis & Komárek и *Nostoc* Vaucher ex Bornet & Flahault; реже: *Phormidium* Kützinger ex Gomont, *Chroococcus* Nägeli, *Chamaesiphon* A.Braun, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, *Gloeocapsa* Kützinger, *Pseudanabaena* Lauterborn. Их разнообразие уменьшалось с увеличением глубины. Кроме того, важную роль играли диатомовые, десмидиевые и зелёные водоросли и иногда водные мхи, которые придавали матам форму иголок или конусов.

Работа проводится в рамках подпрограммы «Организация и обеспечение работ и научных исследований в Антарктике» Государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» в рамках темы «Выявление особенностей и состояния наземных и морских экосистем Антарктики — изучение биоразнообразия, систематики и флоры мохообразных, лишайников и водорослей суши и моря, биологии, экологии, фитоценологии и географии таксонов и групп в комплексе с оценкой состояния окружающей среды».

Влияние антибиотика тетрациклина на рост, морфологию и биохимические показатели кокколитофориды *Chrysotila* sp.

The effect of the antibiotic tetracycline on the growth, morphology and biochemical parameters of coccolithophorides *Chrysotila* sp.

Соломонова Е.С., Шоман Н.Ю., Акимов А.И.

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

solomonov83@mail.ru

Кокколитофориды играют фундаментальную роль в морском углеродном цикле, фиксируя неорганический углерод в процессе фотосинтеза и экспортируя CO₂ в процессе кальцификации. Проведена оценка токсического влияния антибиотика тетрациклина на структурно-функциональные показатели клеток *Chrysotila* sp. Показано, что антибиотик тетрациклин в концентрации 1 и 2 мг/л не влиял на скорость роста *Chrysotila* sp. При 5, 10 и 15 мг/л кривые роста водорослей также практически не отличались от контроля. Тетрациклин в концентрации 20 и 25 мг/л ингибировал рост водорослей на начальном этапе эксперимента, но при дальнейшем культивировании отмечен выраженный гормезисный рост *Chrysotila* sp. При повышении концентрации тетрациклина в среде наблюдалась тенденция к снижению процента покрытых кокколитами клеток в культуре и увеличению доли непокрытых клеток. При концентрации антибиотика 25 мг/л процент покрытых клеток не превышал 25% на начальном этапе эксперимента и снизился до 10-15% на восьмые сутки эксперимента. Рост *Chrysotila* sp. осуществлялся преимущественно за счет непокрытых кокколитами клеток, количество покрытых изменялось незначительно. Клетки *Chrysotila* sp., покрытые и непокрытые кокколитами, демонстрируют различную физиологическую реакцию на добавление антибиотика. Кальцинированные клетки более чувствительны к тетрациклину, что выражается в увеличении их размера и уменьшении гранулярности, снижении удельной флуоресценции хлорофилла и ферментативной (эстеразной) активности, увеличении продукции активных форм кислорода. Снижение кальцификации клеток при воздействии поллютантов потенциально опасно изменениями в биогеохимическом круговороте питательных элементов в водной экосистеме. Показано, что основным механизмом удаления тетрациклина из воды является фотодеградация. Однако в присутствии *Chrysotila* sp. скорость разложения тетрациклина достоверно выше (на 7-15%), чем в образцах без водорослей.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ № гос. регистрации 124030400057-4.

Динамика развития и видовой состав биообрастаний пластика в пресных водотоках на примере реки Москвы

Dynamics of development and species composition of plastics biofouling in freshwater streams considering the Moscow River as an example

Филиппова А.М.¹, Сапожников Ф.В.², Ильина О.В.¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

filippovaantonina@gmail.com

Проблемы взаимодействия пластика с гидробионтами оказались в числе глобальных векторов антропогенного воздействия на природную среду особенно остро в течение последних десятилетий. Большинство исследований, связанных с пластиковым загрязнением, проводится на морских объектах. Наша работа посвящена изучению сукцессии обрастания широко используемых в быту полимеров ПЭ и ПЭТ в пресной воде, и оценке влияния биотических и абиотических факторов на состав и структуру этих сообществ.

Эксперимент проводили с экспонированием пластиковых пластин (ПЭ и ПЭТ) с гладкой и абразивной поверхностью на разных глубинах (1 м – у поверхности, и 8 м – у дна) в Строгинском затоне реки Москвы, в течение 14 месяцев, с разной датой начала экспозиции (первая серия эксперимента поставлена в мае, вторая – в ноябре).

В ходе эксперимента отмечено 117 видов перифитона. Показано, что сукцессия обрастания приходит к стабильному состоянию с разной скоростью в зависимости от горизонта экспонирования и типа поверхности субстрата. В придонном слое воды основными компонентами обрастания на ранних стадиях были *Rhabdoderma lineare*, на поздних – *Siderocapsa* sp., *Leptolyngbya tenuis* и *Cyanogranis basifixa*, диатомеи *Navicula tripunctata*; в приповерхностном на ранних стадиях – *R. lineare*, диатомеи *Gomphonella olivacea*, *Gomphonema pumilum*, *Ulnaria ulnabiseriata* и *N. tripunctata*, на поздних – *Siderocapsa* sp., диатомеи *Cocconeis lineata*, *Amphora copulata*, *N. tripunctata* и *Protoderma viride*.

К разнообразию цианобактерий из некоторых водоемов Центральной Азии

On the diversity of cyanobacteria from some reservoirs of Central Asia

Хитёв Г.П.^{1,2}, Миронов А.В.^{1,2}, Куликовский М.С.¹¹Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия;²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

khitevgeorg@gmail.com

Водоемы Центральной Азии характеризуются уникальным разнообразием микроводорослей, в особенности цианобактерий. Вместе с тем, многие водоемы региона остаются слабоизученными с точки зрения биоразнообразия цианобактерий. Цианобактерии, наряду с диатомовыми водорослями, являются доминирующими организмами в водных экосистемах региона, в связи с чем их изучение представляет интерес для современного экомониторинга, оценки качества воды, анализа распространения видов и филогении и поиска организмов перспективных для использования в биотехнологии. Препятствия исследования по цианобактериям Центральной Азии были основаны исключительно на данных морфологического анализа альгофлоры, в связи с чем их результаты не дают полного представления о биологическом разнообразии микроводорослей водных экосистем.

В данном исследовании, для получения обширных данных о разнообразии цианобактерий, были отобраны разнотипные пробы из пресноводных водоемов Северной и Центральной Монголии, в том числе из о. Хубсугул. Получено более 300 разнотипных проб фитопланктона, бентоса и обрастаний, выделено более 100 моноклональных штаммов цианобактерий. Проведен анализ морфологических признаков цианобактерий в полученных культурах, полученные новые данные о последовательностях генов 16S rRNA и *rbcL*. Настоящий этап работы связан с проведением сравнительного молекулярно-генетического анализа, с использованием референсных последовательностей, а также ранее накопленных данных о разнообразии цианобактерий в о. Байкал, Монголии и Китае. Особенный интерес представляет изучение биохимических особенностей штаммов и анализ их метаболома. Проведение комплексного анализа цианобактерий позволит получить принципиально новые данные, а также обнаружить штаммы перспективные для применения в биотехнологии.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №24-44-03001, <https://rscf.ru/project/24-44-03001/>).

Молекулярное исследование *Nupela mongolica* sp. nov. (Bacillariophyceae) и описание нового семейства Nupelaceae fam. nov.Molecular investigation of *Nupela mongolica* sp. nov. (Bacillariophyceae) with the description of the family Nupelaceae fam. nov.Цеплик Н.Д.¹, Глущенко А.М.¹, Мальцев Е.И.¹, Генкал С.И.², Нергуи С.³, Куликовский М.С.¹¹Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия;²Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия;³Монгольский государственный университет, Улан-Батор, Монголия

ntseplik@gmail.com

Род *Nupela* был описан в 1991 году и помещен в подпорядок Neidiineae с неопределенным положением внутри подпорядка. Позднее род *Nupela* был включен в семейство Brachysiraceae, несмотря на различия в строении ареол и шва между *Nupela* и *Brachysira*. Молекулярные исследования показали, что штаммы *Nupela* формируют отдельную ветвь на филогенетическом дереве, не близкородственную другим родам; также было показано, что подпорядок Neidiineae не является монофилетической группой.

Штамм Mnp155 был выделен из пресноводного озера в Монголии и изучен с применением световой, сканирующей электронной и трансмиссионной электронной микроскопии, а также молекулярно-генетических методов. На основании полученных данных описан новый для науки вид *Nupela mongolica*. От близкородственных видов *N. mongolica* отличается формой створок, наличием развитой шовной системы на обеих створках, а также строением центрального и осевого полей. На филогенетическом дереве штамм *N. mongolica* формирует отдельную ветвь внутри клады, включающей другие виды *Nupela*. Эта клада не близкородственна представителям *Brachysira*, что демонстрирует отсутствие филогенетической связи между этими двумя родами.

Также у *N. mongolica* показана структура ареол, характерная для представителей *Nupela*: ареолы кратеровидные, с крупными внешними отверстиями и мелкими внутренними, снаружи закрыты гименами, покрывающими ареолу целиком и продолжающимися на лицевую поверхность створки. Такое строение ареол уникально для *Nupela* и не отмечено у других представителей пеннатных диатомовых. Поскольку отдельное положение *Nupela* подтверждается как морфологическими, так и молекулярными данными, выделено новое семейство Nupelaceae в порядке Naviculales, включающее род *Nupela*.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (24-44-03001, <https://rscf.ru/project/24-44-03001/>), NSF of Mongolia (2024/206), и в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (122042700045-3).

Макроводоросли и история их изучения в российской части Финского залива

Macroalgae and the history of their study in the Russian part of the Gulf of Finland

Швенглер (Ицык) Т.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

tanyaitic@gmail.com

Первые и наиболее полные сведения о макроводорослях российской части Финского залива содержатся в работах Христофора Яковлевича Гоби конца XIX в. Его исследования посвящены закономерностям их распространения при переходе от районов Финского залива с более высокой соленостью к опресненным и описанию видов в таксономических списках.

Работы XX и начала XXI вв. содержат эпизодическую информацию о макроводорослях и посвящены отдельным районам российской части Финского залива.

В 1911–12 гг. Станиславом Михайловичем Вислоухом проведены исследования в Невской губе, где отмечено 10 видов зеленых макроводорослей.

Для середины XX в. известно несколько работ финского ботаника Эрнста Хейрена и одна — Нильса Херлина. Они представляют собой изучение ассоциаций макроводорослей в прибрежных частях о-вов Большой Тюттерс, Сескар и Гогланд, анализ изменений флоры в зависимости от показателей солености в Выборгском заливе.

В конце XX в. исследования в восточной части Финского залива, включая острова, проводил Хенн Александрович Кукк. Он изучал флору макроводорослей с приведением списков, анализировал закономерности распределения зеленых, бурых и красных макроводорослей в зависимости от экологических факторов.

Наиболее современные работы XXI в. начинаются с исследования глубинного распределения и зональности макроводорослей финскими учеными А. Лехво и С. Бэк в Выборгском заливе и побережье Березовых о-вов.

Изучению альгофлоры островов восточной части Финского залива посвящена работа Наталии Борисовны Балашовой. Ею приведен краткий обзор проводившихся исследований и флористический список, где отмечены 17 макроводорослей.

Последние работы, опубликованные в 2007 г. и 2011–2013 гг. Николаем Ковальчуком и Юлией Ивановой Губелит, касаются изучения альгоценозов побережий российской части Финского залива.

Таким образом, согласно литературным данным, за 150 лет исследования макроводорослей в российской части Финского залива выявлено 66 видов, из них 27 зеленых, 21 бурых, 12 красных и 6 харовых.

Экотоксикологические аспекты влияния гербицида глифосата на структурно-функциональные характеристики микроводорослей

Ecotoxicological aspects of glyphosate herbicide effect on structural and functional characteristics of microalgae

Шоман Н.Ю., Соломонова Е.С., Акимов А.И., Рылькова О.А.

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей

имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

n-zaichencko@yandex.ru

Фосфорорганический гербицид глифосат на сегодняшний день является самым распространенным неселективным гербицидом системного действия и занимает первое место в мире по объемам производства. Попадая в водоемы разнообразными путями, глифосат становится потенциально опасным поллютантом для альгоценозов. Результаты исследования показали, что водоросли разных систематических групп по-разному реагируют на воздействие исследуемого гербицида. Глифосат угнетает рост диатомовых водорослей. На примере *Thalassiosira weissflogii* (Grunow) G.A. Fryxell & Hasle 1977 и *Cyclotella caspia* Grunow 1878 показано, что цитотоксическое действие глифосата проявляется в замедлении роста водорослей, снижении их конечной биомассы, увеличении продукции активных форм кислорода, деполяризации митохондриальных мембран, изменении морфологии ядер и других внутриклеточных органелл, снижении ферментативной активности клеток и эффективности работы фотосинтетического аппарата. Кроме того, при воздействии глифосата отмечено увеличение чувствительности диатомовых водорослей к свету и снижение порога их светового ингибирования. В тоже

время, обнаружено стимулирующее действие глифосата на рост динофитовых и гаптофитовых водорослей. Установлено, что *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) Dodge 1975 способен расти за счет глифосата как единственного источника фосфора сразу после его попадания в среду. Динофитовая водоросль *Prorocentrum micans* Ehrenb. 1834 использует фосфор из глифосата после его минерализации бактериями. Стимулирование роста гаптофитовой водоросли *Isochrysis galbana* Parke 1949 глифосатом сопряжено с повышением метаболической активности клеток и эффективности работы их фотосинтетического аппарата. Видоспецифичность микроводорослей к воздействию глифосата в природных условиях потенциально опасна изменением видовой структуры биоценозов, в частности уменьшением численности диатомовых водорослей и увеличением вклада потенциально токсичных видов динофлагеллят.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ № 124030400057-4.

Предварительные сведения о комплексе диатомовых водорослей пойменных болот Республики Бурятия

Preliminary information about the diatom complex of floodplain swamps of the Republic of Buryatia

Якупова А.Р., Фазлутдинова А.И.

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия

ayaku11@mail.ru

Болота представляют собой экосистемы избыточного увлажнения, которые играют важную роль как регуляторы гидрологического режима территорий. К сожалению, в последние годы они испытывают сильное влияние хозяйственной деятельности человека. Цель работы – изучить структуру комплексов диатомовых водорослей (КДВ) пойменных болот Баргузинского района Республики Бурятия. Материалом для настоящего исследования послужили восемь смешанных почвенных проб, собранных в июне 2024 г. На территории Прибайкальского края нами были проанализированы три участка: тростниковое болото в кедрово-сосново-березовом лесу в долине реки Максимиха, верховое болото в лиственнично-сосновом лесу и олиготрофное верховое болото с сосной обыкновенной и лиственницей сибирской. У большинства видов и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей (79%), показатель встречаемости варьировал от 10 до 40%. Показатель встречаемости выше 50% был отмечен только у трех таксонов, которые были выделены в ранг ведущих: *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing (50%), *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow (60%) и *Pinnularia borealis* Ehrenberg (80%). Высоким видовым разнообразием отличались семейства Fragilariaceae, Naviculaceae, Cymbellaceae, Gomphonemataceae, Eunotiaceae, Pinnulariaceae, Bacillariaceae. Общей чертой всех участков является присутствие семейств Pinnulariaceae и Fragilariaceae. Всего по предварительным результатам, было выявлено 29 таксонов диатомовых водорослей из 9 семейств и 12 родов. Диатомовые водоросли были отмечены во всех рассмотренных участках. Комплекс доминирующих видов включал представителей трех семейств. К доминантам относилось 10 видов и внутривидовых таксонов, к субдоминантам – пять таксонов. Единично и эпизодически встречающихся диатомовых водорослей обнаружено 11 таксонов. Сходство и различие между КДВ разных участков согласуется с экологическими условиями местообитаний. Территория Байкальского района еще недостаточно изучена и с увеличением числа исследований следует ожидать обнаружения большего числа таксонов диатомовых водорослей.

Влияние меди на содержание фенольных соединений в арктической красной водоросли *Vertebrata fucoides* (Ceramiales)

Effect of copper on the content of phenolic compounds in the Arctic red alga *Vertebrata fucoides* (Ceramiales)

Яньшин Н.А.¹, Замяткина Е.Б.¹, Тараховская Е.Р.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург, Россия

kolya1256@gmail.com

Красная макрофитная водоросль *Vertebrata fucoides* (Hudson) Kuntze — типичный представитель порядка Ceramiales, обитающий в сублиторали и нижней литорали северных морей. Данная водоросль отличается высоким содержанием фенольных соединений, особенно, бромированных фенолов, проявляющих значительную биологическую активность. В связи с нарастающей антропогенной нагрузкой на морские экосистемы актуальной проблемой является изменение химического состава макроводорослей в присутствии тяжелых металлов. Целью данной работы явилось изучение влияния меди на содержание фенольных соединений в клетках *V. fucoides*.

Водоросли были собраны в сублиторали Белого моря. Талломы в течение семи суток выдерживали в воде с добавлением CuSO_4 (4 μM) или без добавок (контроль), после чего определяли общее содержание фенольных соединений в клетках водорослей спектрофотометрически с реактивом Фолина-Чокалтеу, а также исследовали молекулярный профиль фенольных метаболитов с помощью газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС).

Экспозиция в воде с повышенной концентрацией меди привела к увеличению (в 1.9 раз) общего содержания фенольных соединений в талломах *V. fucoides*. ГХ-МС-анализ позволил выявить в клетках водоросли 45 фенольных метаболитов, большинство из которых относится к бромфенолам. Содержание 16-ти моно- и дибромфенолов (включая доминирующие метаболиты: ланозол и его производные) после семи суток экспозиции в воде с добавлением CuSO_4 увеличилось в 1.6–11.8 раз.

Полученные данные позволяют заключить, что в присутствии высокой концентрации меди в клетках *V. fucoides* стимулируется биосинтез фенольных метаболитов, известных своей способностью предотвращать повреждения клеток, вызванные тяжелыми металлами, а также антиоксидантной активностью. При этом, ключевую роль в адаптации данной водоросли к меди, по-видимому, играют бромированные фенолы.

Исследование выполнено в рамках инициативного проекта СПбГУ (Pure ID 121942306 / 121942358).

Эколого-фармакологическая оценка кадила сарматскогоEcopharmacological evaluation of *Melittis sarmatica* Klok.

Акулич И.В., Бусько Е. Г.

Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь

irina.akulich@inbox.ru

Кадило сарматское (*Melittis sarmatica* Klok.) – многолетнее травянистое растение из семейства яснотковых (Lamiaceae). Вид занесен в Красную книгу республики Беларусь, также он широко известен, как лекарственное, пряное, медоносное и декоративное растение. Для сохранения генофонда этого реликтового и перспективного лекарственного растения, наряду с охраной природных местообитаний, было необходимо введение его в культуру. В 1978 году кадило сарматское было интродуцировано в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси (г. Минск) из Беловежской пуши и хорошо зарекомендовало себя в культуре – регулярно цветет и плодоносит, проявляя высокую устойчивость при интродукции.

Из литературы известно, что лекарственные свойства *M. sarmatica* обусловлены содержанием флавоноидов (апигенин, лютеолин и кемпферол), тритерпенов, фенольных кислот (розмариновая, кофейная и хлорогеновая кислоты), стероидов и иридоидов (гарпагид, аюгол, мелитозид, мономелитозид). Его листья содержат около 0,09% эфирного масла с более чем 100 соединениями, идентифицированными на сегодняшний день. Среди них доминирующими являются 1-октен-3-ол, *n*-гексадекановая кислота, фитол, ледол, α -пинен, кумарин, сабинен, гермакрен D.

Растительное сырье, собранное нами, представляло собой траву (верхние части побегов, с листьями и цветками) с интродуцированных растений *M. sarmatica*. Нами проведен химический анализ цветков, листьев, вегетативных побегов и корней. Установлено, что содержание доминирующего флавоноида лютеолин-7-О-глюкозида, было сходно в образцах цветков и листьев (1480,78 и 1441,36 мг/100 г⁻¹ соответственно). В побегах его содержание было ниже (20,37 мг/100 г⁻¹), а в корнях он отсутствовал. Максимальное количество вербаскозида было обнаружено в цветках (576,96 мг/100 г⁻¹), апиин – в листьях (134,30 мг/100 г⁻¹). Апиин не был обнаружен в побегах и корнях.

**Методы кадастровой оценки запасов дикорастущих хозяйственно полезных растений
на примере айры болотного**Methods of cadastral estimation of wild stocks of economically useful plants on the example of *Acorus calamus* L.

Амбросова А.П., Сысой И.П.

Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск,
Республика Беларусь

ambrosova150702@gmail.com

На территории Республики Беларусь функционирует «Государственный кадастр растительного мира», одной из задач которого является качественная и количественная оценка запасов хозяйственно полезных видов растений. Мы представляем возможность применения методики кадастровой оценки запасов хозяйственно полезных растений на примере айры болотного (*Acorus calamus* L.), корневища которого широко применяются в фармацевтике, народной медицине и ветеринарии. Известно, что эфирные масла и горечи корневища айры положительно влияют на желудочно-кишечный тракт, нервную систему, проявляют антисептические свойства.

Оценка запасов сырья *A. calamus* проводилась в пределах административных районов с помощью алгоритма кадастровой региональной оценки запасов сырья, основанного на сочетании комплекса методик и на дифференцированной оценке урожайности и запасов сырья в различных экосистемах и условиях среды. Сырьевая фитомасса определялась как методом модельных экземпляров, так и на учетных площадках. Биологические и эксплуатационные запасы сырья определялись с учетом площади произрастания вида и его удельной сырьевой фитомассы. Возможные ежегодные объемы заготовок сырья рассчитывались как частное от деления эксплуатационного запаса сырья на оборот заготовки. Данные по объемам возможных ежегодных заготовок сырья являлись основой при расчетах норм изъятия дикорастущих растений на территории административных регионов и при разработке рекомендаций по рациональному использованию растительных ресурсов.

Установлено, что биологический запас корневищ айры болотного в стране составляет 2072 т., эксплуатационный – 990 т., возможные ежегодные объемы заготовок сырья – 141 т. Составлена карта пространственного распределения биологического запаса сырья айры болотного по Беларуси.

Наибольший запас вида сосредоточен в Брестской области (21%), а наименьший – в Могилевской (11%). По результатам определения запасов растительного сырья проведена экономическая оценка ресурсов *A. calamus*, она составляет более 55 тыс. долларов США.

Влияние геохимического состояния почв на растения в природно-техногенных системах

The influence of the geochemical state of soils on plants in natural-technogenic systems

Васильева М.П.

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия

vfhcbr51@gmail.com

Оценка взаимодействия природной и техногенной подсистем в пределах биогеохимического состояния «почва-растение» городской среды являются актуальными. Значимы исследования, характерные для фитоценозов городов, процессов изменчивости их химизма. Цель работы: создание способов оценки (экологического) состояния растений на урбанизированных территориях. Анализ экологического состояния почв определяли по четырем участкам санитарно-защитных зон предприятий. Валовое и подвижное содержание микроэлементов (Pb, Cu, Cd, Zn, Fe, Mn, Cr) в почвах и растениях на реперных участках определяли спектрофотометрическим методом. Из исследуемых видов растений к семейству Poaceae относится один вид, Asteraceae — семь видов, Papaveraceae — один, Polygonaceae — один, Fabaceae — один. Растения исследовали на наличие тяжелых металлов: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Arctium lappa* L., *Chelidonium majus* L., *Cichorium intybus* L., *Plantago media* L., *Polygonum aviculare* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Achillea millefolium* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Tanacetum vulgare* L. На исследуемых участках выявили, что достоверную информацию о загрязнении почв несут подвижные формы тяжёлых металлов способные адекватно отражать реакцию растений на избыток химических элементов. Общая последовательность техногенного накопления токсичных металлов достаточно типична для крупных городов с разнопрофильной промышленностью. Гипераккумуляторы Zn, Cr, Cd: *Polygonum aviculare*. Растения, аккумулирующие Zn, Cr, Cd, Pb, Ni: *Cichorium intybus*, *Plantago media*, *Taraxacum officinale*. Растения, депонирующие с иными значимые концентрации металлов-поллютантов: *Elytrigia repens*; превышения показаны для Co, Cr, Ni, Zn, Pb — *Arctium lappa*; Co, Cr, Pb, Cd — *Artemisia absinthium* и Cr, Ni, Zn, Pb, Cd — *Artemisia vulgaris*, *Achillea millefolium*. В результате исследований получена комплексная оценка геохимического состояния почвы и растений.

Ресурсы и фитохимический анализ клевера ползучего в растительных сообществах южной Карелии

Resources and phytochemical analysis of *Trifolium repens* L. in plant communities of South Karelia

Владимирова В.А., Морозова К.В.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

ve0nka@yandex.ru

Широкое распространение клевера ползучего (*Trifolium repens* L., Fabaceae), большой опыт его использования в народной медицине, возможность культивирования и создания ценных сортов делают этот вид перспективным для изучения. Цель исследования – выявить ресурсы клевера ползучего в растительных сообществах южной Карелии и определить содержание действующих веществ в различных органах растений.

Исследование выполнено в 2022–2024 гг. в период цветения *T. repens* в луговых, прибрежных, синантропных экотопах. Ресурсы вида выявляли на конкретных зарослях методом учетных площадок. Количественное определение дубильных веществ, органических кислот, витамина С в органах *T. repens* выполняли методом титрования согласно Государственной фармакопеи XI и XIII изданий.

По данным исследования в луговых экотопах растения вида отличаются наименьшей высотой (9.3 ± 0.5 см) и массой надземной части (сырая 76.6 ± 6.4 г/м², воздушно-сухая 18.8 ± 1.5 см²). Наиболее крупные по высоте растения отмечены в синантропных экотопах (15.5 ± 0.7 см). В значениях массы травы у растений в синантропных (сырая 109.4 ± 16.4 г/м², воздушно-сухая 22.7 ± 2.7 г/м²) и прибрежных (113.8 ± 13.4 г/м², 26.4 ± 3.0 г/м²) экотопах достоверных различий не выявлено. Содержание органических кислот в цветках растений в исследуемых сообществах варьирует от $2.5 \pm 0.1\%$ до $2.8 \pm 0.1\%$. Наибольшее количество органических кислот в листьях ($4.0 \pm 0.2\%$), витамина С в листьях ($0.4 \pm 0.01\%$) и цветках ($0.3 \pm 0.01\%$) определено у растений в прибрежных экотопах. Содержание дубильных веществ в цветках (0.9 ± 0.1 – $3.5 \pm 0.1\%$), листьях (1.8 ± 0.2 – $3.1 \pm 0.1\%$), побегах (1.1 ± 0.2 – $1.3 \pm 0.1\%$), корневищах с корнями (0.5 ± 0.07 – $1.2 \pm 0.2\%$) у растений в исследуемых экотопах изменяется в разном диапазоне.

Подбор оптимального растворителя для экстрагирования комплекса метаболитов молочая чешуйчатого

Selection of an additional solution for extracting a complex of metabolites from *Euphorbia squamosa* Willd.

Голосов Д.А.

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия
d9olosov@yandex.ru

Поиск новых растений, перспективных источников биологически активных соединений, является важной задачей ботанического ресурсосведения. В качестве объекта исследования нами был выбран молочай чешуйчатый *Euphorbia squamosa* Willd. (Euphorbiaceae), многолетнее травянистое растение, широко распространенное в пределах Кавказа и некоторых регионах Западной Азии.

Для химического анализа использовалась надземная часть молочая чешуйчатого, собранная во время цветения в местах естественного произрастания на территории Ставропольского края (Россия). Сырье (по 200 гр.) непосредственно после сбора измельчали и заливали растворителем: 90% и 50% этиловым спиртом и метанолом. Экстракцию проводили в течение семи суток при комнатной температуре, затем полученный экстракт сливали, а сырье повторно заливали тем же растворителем и настаивали ещё в течение четырех суток. Полученные извлечения объединяли, фильтровали и удаляли растворитель в вакууме. Сухие образцы (по 0,01 гр.) растворяли в пиридине с добавлением триметилсилильного агента. Анализ полученных образцов проводили методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе (ГХ-МС). Количественное содержание определяли методом внутреннего стандарта. Для аннотации компонентов использовали масс-спектрометрические библиотеки NIST (2011), Adams (2007), а также библиотеки лаборатории аналитической фитохимии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН.

В каждом метаболическом профиле было обнаружено более 100 компонентов, из них аннотировано – 35. Идентифицированные соединения представляли собой сахара, аминокислоты, спирты, органические и жирные кислоты, терпены, флавоноиды и др. Полученные данные указывают на общие, а также некоторые специфичные особенности в экстракции разными растворителями. Экстракция метанолом оказалась более полной как в количественном, так и в качественном отношении. Большинство соединений удалось извлечь обоими растворителями в сравнимых концентрациях; для других соединений (неохлорогеновая кислота, пальмитиновая кислота, фитол и др.) показаны кумуляционные различия. Некоторые метаболиты (кемпферол, кверцетин, эллаговая кислота, некоторые аминокислоты и др.) удалось извлечь из сырья только метанолом. При изменении концентраций, установлено, что 90% этиловый спирт в данном виде сырья обладает большей экстрагирующей способностью для сахаров и фенолкарбоновых кислот.

Оценка экологического состояния дендропарка краеведческого музея «Кирьяж» (Республика Карелия)

Assessment of the ecological state of the arboretum of the local history museum “Kiryazh”
(Republic of Karelia)

Ладьянова Г.С.¹, Медведева Н.А.^{1,2}

¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;

²Национальный парк «Ладожские шхеры», Сортавала, Россия

galyaladyanova@yandex.ru

Дендропарк краеведческого музея «Кирьяж» расположен в поселке Куркиеки Лахденпохского района (Республика Карелия). В 1873 году в поселке Куркиеки (ранее Кроноборг) была основана школа земледелия, которая с 1909 года стала сельскохозяйственным институтом. Основные посадки деревьев в дендропарке были сделаны в 1922–1940 годах студентами под руководством известного ученого – ботаника Вели Рясенена, который преподавал в институте. В настоящее время дендропарк занимает площадь около 1 гектара. В нем представлено 30 видов деревьев и 18 видов кустарников. Основными породами в посадках дендропарка являются представители хвойных – ель европейская, лиственница европейская и сибирская, пихта сибирская. Дендропарк имеет большую, историческую, экологическую и эстетическую ценность.

Нашей задачей была первичная оценка экологического состояния основных древесных пород дендропарка. На девяти пробных площадях было обследовано 12 деревьев – 3 пихты сибирской, 4 ели европейской, 5 лиственниц европейской и 1 сосна веймутова. В ходе обследования производилась визуальная оценка состояния деревьев, измерялись их высота, диаметр ствола, взяты керны для определения возраста. При оценке экологического состояния деревьев использовалась 10-балльная шкала Рысина. Средняя высота всех исследованных деревьев составила 50–60 м, диаметр ствола: 35 см у ели европейской, 45 см у лиственницы европейской, 59 см у пихты сибирской и 35 см у сосны веймутовой.

Установлено, что в дендропарке в хорошем состоянии находятся все особи ели европейской и лиственницы европейской (категория 1). В ослабленном состоянии (категория 2) – все пихты сибирские. Сосна веймутова была в самом плохом состоянии и отнесена нами к категории 3 – «усыхающие».

В результате исследования составлена общая предварительная оценка экологического состояния древостоя дендропарка «Кирияж». Отмечено, что такие породы, как ель европейская и лиственница европейская на данном участке в хорошем состоянии или имеют незначительные признаки ослабления, в то время как пихта сибирская и сосна веймутова – в очень ослабленном состоянии. Для сохранения лесонасаждений дендропарка «Кирияж» необходимо разработать план мероприятий по поддержанию и восстановлению ослабленных пород деревьев.

**Компонентный состав эфирного масла гирчовника татарского
из Ленинградской и Архангельской областей**
Component composition of the essential oil of *Conioselinum tataricum* Hoffm.
from Leningrad region and Arkhangelsk region

Ларионова К.С.

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия
larionova22ksenia@gmail.com

Гирчовник татарский – *Conioselinum tataricum* Hoffm (Apiaceae) травянистый многолетник, 50-200 см высотой. Этот европейско-сибирский таёжный вид известен в китайской медицине как один из компонентов противовоспалительного средства “Gaoben”. Однако, сведения о компонентном составе эфирного масла из китайской части ареала гирчовника татарского отрывочны, а из российской – отсутствуют. Данная работа является первым исследованием состава эфирных масел, полученных из растений *C. tataricum*, произрастающих в России.

Образцы растений (надземная и подземная части) были собраны во время плодоношения в Ленинградской (ЛО) и Архангельской областях (АО). Сырье (по 500 гр.) непосредственно после сбора измельчали для выделения эфирного масла методом гидродистилляции. Выход эфирного масла определяли в процентах от сухой массы. Анализ полученных образцов эфирного масла проводили методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе. Количественное содержание определяли методом внутренней нормализации без коэффициентов чувствительности. Для аннотации компонентов использовали масс-спектрометрические библиотеки NIST (2011), Adams (2007) и библиотеки лаборатории аналитической фитохимии БИН РАН. Анализ полученных данных позволил определить, что выход эфирного масла из образцов *C. tataricum*, собранных в ЛО колебался от 0,10 до 0,17% от сухой массы. Для образцов из АО этот показатель оказался ниже, и составил от 0,01 до 0,02%. Всего в исследованных образцах идентифицировано 40 и 28 соединений из надземной и подземной части гирчовника татарского, собранного в ЛО и АО соответственно. Основными компонентами эфирного масла из ЛО оказались (*E*)-2-тетрадеценаль (28,38%), миристицин (24,88%), (*E*)-2-гексадеценаль (12,48%), апиол (11,68%) и α -терпинилацетат (8,75%). Для эфирного масла образцов из АО в качестве основных компонентов отмечены миристицин (26,87%), (*E*)-2-гексадеценаль (10,75%), фитол (18,60%), неидентифицированный компонент Un 2427 с временем выхода 38.6 (9,27%) и (*E*)-2-тетрадеценаль (9,15%).

Содержание и баланс запасных питательных веществ в годичных побегах ясеня обыкновенного
The content and balance of reserve nutrients in annual shoots of *Fraxinus excelsior* L.

Мартынова Н.В.

Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева,
Нижний Новгород, Россия
martynova-natasha94@yandex.ru

Городские ландшафты формируют уютную и гармоничную среду, и озеленение является эффективным способом улучшить внешний вид. Важно максимально приближать зеленые насаждения к местам проживания. В этой связи кафедрой лесных культур планомерно и последовательно ведется изучение широкого перечня видов деревьев и кустарников. Весьма перспективным выступает ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.).

Цель исследования – выявить и оценить содержание запасных веществ в тканях однолетних побегов ясеня обыкновенного. Объектом исследования выступили рядовые посадки ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) на территории памятника природы регионального (областного) значения Малиновая Гряда в г. Нижний Новгород.

Определение содержания крахмала проходило с помощью качественной реакции на раствор Люголя, жиров – на Судан-III. Для оценки запасных веществ в клетках использовалась шестибалльная шкала. Интенсивность окрашивания поперечного среза оценивалась по зонам: сердцевина, периферийная зона сердцевины, сердцевинные лучи ксилемы, ксилема, заболонь, камбий, луб и кора.

На момент проведения наблюдений наибольшее количество крахмала содержится в побегах деревьев 8 и 1 ($19,57 \pm 0,59$ и $18,73 \pm 0,83$ балла соответственно), превышая среднее значение на 4,57 и 3,72 балла. Минимальные показатели у деревьев 6 ($9,88 \pm 0,41$ балла) и 5 ($10,20 \pm 0,95$ балла). Суммарное содержание жиров в тканях варьирует между деревьями: наибольшее – у деревьев 10 и 9 ($20,00 \pm 0,68$ и $17,65 \pm 0,85$ балла соответственно), минимальное – у деревьев 5 и 3 ($10,70 \pm 0,63$ и $13,15 \pm 0,57$ балла). Среднее значение – $15,01 \pm 0,25$ балла. Полученные данные указывают на внутривидовую изменчивость в способности накапливать крахмал и жиры, обусловленную генетическими факторами.

Изменчивость ресурсных характеристик ценопопуляций *Vaccinium vitis-idaea* в возрастных рядах Pinetum pleuroziosum (Гродненская Пуща, Беларусь)

Variability of resource characteristics of coenopopulations of *Vaccinium vitis-idaea* in the age series of Pinetum pleuroziosum (Grodenskaya Pushcha, Belarus)

Садковская А.И.¹, Созинов О.В.²

¹Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь;

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Республика Беларусь
annet.sadkovskaya@mail.ru

Vaccinium vitis-idaea L. (брусника) – важный ценоценозический компонент бореальных лесов, в частности, сосняков, занимающих 48,5% лесопокрытой площади Беларуси. Мониторинговые ресурсосведческие изыскания (n=68) проводили на территории Гродненской Пущи (Августовское лесничество Гродненского лесхоза, Беларусь, UTM: 34UFE₃) во второй половине августа 2018–2022 г. в возрастном ряду культур сосняка мшистого (A₂) I–V класса возраста (Pinetum pleuroziosum).

В результате исследований установлено, что средняя урожайность надземных побегов *V. vitis-idaea* варьирует в пределах 1–54 г/м² (возд.-сух.), проективное покрытие 1–13%/м², высота побегов 4–10 см, встречаемость – 4–100%. Выявлена положительная линейная зависимость ($r_s=0,85$; $p=0,0$) между урожайностью и проективным покрытием *V. vitis-idaea*. Все рассматриваемые ресурсно-ценотические параметры (РЦП) в изученных ценопопуляциях отличаются высоким уровнем изменчивости ($C_v > 25\%$).

На градиенте сквозистости (S) сосняки мшистые дифференцируются с учётом возраста древостоя и проводимых лесохозяйственных мероприятий (ЛМ) на два кластера: плотносомкнутые (жердняки; S: 17,0–33,0%, низкие значения РЦП) и умеренно разреженные (две группы). Умеренно разреженные сообщества с более высокой S (36–98%), различным световым режимом и максимальными РЦП *V. vitis-idaea* делятся на: 1) фитоценозы без ведения лесохозяйственной деятельности (ЛД) (приспевающие, S: 46–64%) и 2) с ведением ЛД (молодняк после сплошной рубки, S: 95–98%). Наиболее сильное влияние на РЦП *V. vitis-idaea* оказывает резкая смена светового режима.

Мы рекомендуем, при проведении ЛМ (сплошных, полосно-постепенных и других видов рубок), которые кардинально изменяют световой режим ($S > 90\%$), полностью изымать побеги *V. vitis-idaea* в объёме эксплуатационного запаса (74 кг/га) в первые три года после рубки. При отсутствии ЛД, оптимальными для заготовки лекарственного сырья *V. vitis-idaea* являются приспевающие сосняки (S: 46–64%) с объёмом ежегодной заготовки побегов 11–55 кг/га один раз в пять лет.

Накопление Cs-137 и Sr-90 сырьевой фитомассой *Convallaria majalis* L. на территории Ленинградской области

Cs-137 and Sr-90 accumulation by the raw phytomass of *Convallaria majalis* L. in Leningrad region

Сахаров Я.А.¹, Вольховский А.В.², Салаев И.В.³, Киселёв М.В.³

¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия
sakharov.yaroslav@yandex.ru

Оценка ресурсного значения природных популяций лекарственных растений включает мониторинг загрязнения потенциального сырья радионуклидами. Нормами радиационной безопасности регламентированы предельно допустимые значения удельной активности ($A_{уд.}$) ¹³⁷Cs 400 Бк/кг и ⁹⁰Sr 200 Бк/кг воздушно-сухой фитомассы. Цель настоящего исследования: анализ распределения накопления техногенных радиоизотопов цезия-137 и стронция-90 в лекарственном растительном сырье (ЛРС)

Convallaria majalis L. в связи с различными эдафоклиматическими условиями. Сборы проводились в 10 фитоценозах на территории шести районов Ленинградской области в мае-июне 2022–2024 гг. Агрохимический анализ почвы производили по методам ИЛ ЦИНАО ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, в т.ч. определение подвижных форм фосфора и калия по А.Т. Кирсанову, гранулометрического состава ситовым методом, активность радионуклидов в растительном сырье и почве измеряли на спектрометре «ПРОГРЕСС». При расчётах использованы метеоданные Всемирной метеорологической организации (ВМО). Количественная оценка связи проводилась с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ).

Урожайность сырьевой фитомассы ландыша майского составила от 24,6 до 265,1 г/м², при этом отмечена статистически незначимая положительная корреляция с количеством осадков ($\rho = 0,35$, $p = 0,32$). Значения $A_{уд.}(^{137}\text{Cs})$ находились в пределах 4,7–107,4 Бк/кг, $A_{уд.}(^{90}\text{Sr})$ 0,9–24,9 Бк/кг, коэффициент накопления (K_H) радиоцезия варьировал от 0,45 до 16,4, что характерно для умеренных концентраторов ^{137}Cs . Положительная, но статистически незначимая связь также отмечена между $A_{уд.}(^{137}\text{Cs})$ в почве и в растениях ($\rho = 0,64$, $p = 0,12$). $K_H(^{137}\text{Cs})$ показал положительную связь с pH_{KCl} почвы ($\rho = 0,92$) и с содержанием подвижного фосфора ($\rho = 0,89$). $A_{уд.}(^{90}\text{Sr})$ отрицательно коррелирует с количеством осадков ($\rho = -0,91$). Наиболее тесно ($\rho = -0,93$) $A_{уд.}(^{90}\text{Sr})$ в ЛРС отрицательно связана с $K_H(^{137}\text{Cs})$.

Работа выполнена в рамках государственного задания (ААА-А19-119031290052-1) Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН.

Способность клеточных культур брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) к накоплению фенольных соединений

The ability of cell cultures of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) to accumulate phenolic compounds
Сёмин А.А., Рыбин Д.А., Сухова А.А., Устинов В.А., Краснова Д.И., Березина Е.В., Брилкина А.А.

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

siom.andrei@yandex.ru

Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) является богатым источником фенольных соединений (ФС), широко используемых в медицине. Известно, что растительные клетки, культивируемые *in vitro*, также обладают способностью синтезировать ФС. В связи с этим целью работы являлось определить способность к накоплению ФС у каллусных и суспензионных культур брусники.

Каллусные культуры инициировали из листьев в темноте на твёрдой питательной среде Woody Plant Medium с добавлением ауксина 2,4-Д и цитокинина БАП по 0,45/0,45 мкМ, 2,25/2,25 мкМ, 4,5/4,5 мкМ и 6,75/6,75 мкМ. Суспензионные клетки получали из каллусов в жидких питательных средах того же состава и культивировали в темноте и на свету (интенсивность 60 мкмоль квантов/м²·с). Содержание ФС – растворимых фенольных соединений (РФС), флавоноидов, флаванов и проантоцианидинов – для листьев, каллусов и суспензионных клеток определяли спектрофотометрически.

Содержание РФС в листьях составило 186 мг/г сухой массы, флавоноидов – 120 мг/г сухой массы, флаванов – 32 мг/г сухой массы и проантоцианидинов – 15 мг/г сухой массы. На всех средах с разным содержанием фитогормонов были получены рыхлые каллусные культуры, накапливающие в сравнении с листьями на 25–60% меньше ФС.

Для получения хорошо растущих суспензионных культур оказалось наиболее целесообразным использовать среды с 2,25/2,25 мкМ и 4,5/4,5 мкМ 2,4-Д/БАП. В клетках, культивируемых в среде с 2,25/2,25 мкМ 2,4-Д/БАП, содержание ФС в сравнении с листьями в среднем возросло на 11%, в то время как на средах с 4,5/4,5 мкМ 2,4-Д/БАП рост составил 22% в темноте и 34% на свету.

Таким образом, суспензионные культуры брусники продемонстрировали способность накапливать ФС в больших количествах, чем листья. Наиболее оптимальным для получения ФС объектом являются суспензионные клетки, культивируемые на среде с 2,4-Д и БАП по 4,5/4,5 мкМ на свету.

Работа выполнена при поддержке программы стратегического академического лидерства "Приоритет 2030" Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Влияние крема с экстрактом солодки голой на кожу человекаEffect of cream with extract of *Glycyrrhiza glabra* L. on human skin

Чиркова Е.А.

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

chirula@yandex.ru

Экстракты солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L., Fabaceae) могут служить базисом для создания новых косметических препаратов, поскольку содержат такие активные вещества как тритерпеновые сапонины (более 20% глицирризина), флавоноиды, алкалоиды, кумарины и др.

Материалом для исследования послужил образец крема, состоящий из 10% экстракта солодки, ланолина безводного (<https://co2-extract.ru/>, магазин компонентов для домашней косметики), вазелина (ЛП-000995, ООО «Тульская фармацевтическая фабрика»). Экстракт подземной части *G. glabra*, был получен сверхкритической флюидной экстракцией растительного материала диоксидом углерода. Контрольный образец содержал только ланолин безводный и вазелин. Оба образца были изготовлены согласно Фармацевтической технологии и имели маркировку по условиям хранения и использования.

В тестировании образцов крема приняли участие 30 женщин-добровольцев в возрасте 30–45 лет. Участники эксперимента были поделены на две группы (основная и контрольная), препараты наносились ими на кожу лица два раза в день в течение месяца. При тестировании учитывались такие функциональные показатели кожи, как жирность, размер пор, морщины, увлажненность, пигментация и эластичность. Показатели оценивались с помощью аппарата диагностики кожи (A-one Basic, ЕАЭС N RU Д-РА01.В.77879/21, Корея) до начала исследования и через месяц после начала применения кремов у основной и контрольной групп. Показатель «эластичность» увеличился почти у 50% добровольцев при использовании образца, содержащего экстракт солодки. Также зафиксированы положительные изменения по показателю «увлажненность». На показатели «кожный жир», «размер пор», «морщины» и «пигментация» данный образец не оказал значительного влияния. При использовании добровольцами контрольного образца, показатель «эластичность» не изменился, но незначительно улучшился показатель «увлажненность». Таким образом, экстракт солодки голой может быть рекомендован для введения в рецептуру косметических средств с целью улучшения эластичности кожи.

Особенности метаболитного профиля эфирного масла и железистых трихом восковника болотного из Санкт-ПетербургаPeculiarities of metabolite profile of the essential oils and glandular trichomes of *Myrica gale* L.

from St. Petersburg

Юсова Е.Д.¹, Петров В.К.²¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;²Кадетский корпус (школа ИТ-технологий) Военной орденов Жукова и Ленина Краснознамённой академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, Санкт-Петербург, Россия

katyayusova2001@yandex.ru

Восковник болотный (*Myrica gale* L.) (Myricaceae) – двудомный кустарник, высотой 1–1,5 м, охраняемый вид, включенный в Красную книгу России. В Санкт-Петербурге большая часть растений восковника болотного сосредоточена и охраняется в заказнике «Юнтоловский».

В данной работе исследован компонентный состав эфирного масла листьев из двух групп растений *Myrica gale*, пересаженных в 2012 году из зоны строительства скоростной автомобильной трассы в Санкт-Петербурге в пригодные для вида местообитания — на территорию Юнтоловского заказника (ЮЗ) и в парк Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН). Эфирное масло было получено методом гидродистилляции. Выход эфирного масла из листьев *Myrica gale*, собранных на территории ЮЗ, составил от 0,21% до 1,55%. Аннотировано 46 компонентов, среди которых основными были (Z)-неролидол (15,71%), гермакрен В (11,47%), δ-кадинен (9,76%), 1,10-ди-эпи-кубенол (5,61%). Выход эфирного масла листьев *Myrica gale*, собранных на территории БИН – от 0,09% до 0,13%. Аннотировано 46 компонентов, среди которых преобладали δ-кадинен (14,11%), 1,10-ди-эпи-кубенол (8,59%), (Z)-неролидол (8,43%), 1,8-цинеол (6,01%) и (E)-кариофиллен (5,01%). Установлено, что у исследованных растений процесс образования ациклических сесквитерпеновых спиртов доминирует, что приводит к существенному накоплению неролидола. В целом на терпеновом профиле эфирного масла пересадка растений в ЮЗ и БИН существенно не отразилась.

Проведенный нами микроскопический анализ надземной части растений восковника болотного выявил наличие на всех органах растений двух типов железистых трихом – головчатых и пельтатных. В подобных структурах происходит синтез и накопление терпеновых соединений, составляющих основу эфирного масла растений.

Введение мохообразных в культуру *in vitro*Introduction of mosses into *in vitro* cultureБелышенко А.Ю., Имидоева Н.А., Малыгина Е.В., Дмитриева М.Е., Вавилина Т.Н., Колупаева М.К.,
Аксёнов-Грибанов Д.В.

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

al.belyshenko@gmail.com

В биотехнологии растений методы культивирования *in vitro* являются одним из основных инструментов для получения здоровых растений и ускоренного размножения редких генотипов. Несмотря на использование мохообразных в биотехнологических процессах, число исследований, посвященных их введению в культуру *in vitro*, остается ограниченным и сосредоточены на модельных мхах. Это существенно осложняет применение методов культивирования тканей моховидных и требует дальнейшего изучения и разработки универсальных подходов.

Для эксперимента был введен в культуру *in vitro* мох рода *Isohetecium* sp. Использовали споры из зрелых нераскрывшихся коробочек. Предварительно коробочки дезинфицировали в 70% этиловом спирте 30 сек. Затем коробочки выдерживали 5 мин. в 4% растворе гипохлорита натрия и трехкратно промывали в стерильной дистиллированной воде по 5 мин. Коробочки переносили в раствор пенициллина (G- 50000 ед/фл.) на 10 мин. с последующей промывкой в стерильной дистиллированной воде 5 мин. Подсушив коробочки на стерильных салфетках, их вскрывали, а споры переносили на агаризованную среду Тамия (50%) в чашки Петри и заклеивали лентой Omnipor. Культивирование проводили в течение двух недель при температуре 22-24°C, до образования первичной протонемы. Для освещения использовали фитолампы (900-1200 Лк.) с фотопериодом 16/8 ч. Субкультивирование проводили два раза (каждые семь дней). Развитые экспланты, без признаков бактериальной либо грибковой обсемененности, переносили в ёмкости для культивирования растений. После проверки на чистоту, с помощью посевов на универсальные микробиологические среды, полученные растения брали для экспериментов.

Таким образом, оптимизация условий культивирования и расширение протоколов для разных видов мхов позволит использовать чистые культуры этих растений для исследования вторичных метаболитов и генетического разнообразия.

Исследование выполнено в рамках проектов Министерства науки и высшего образования РФ № FZZE-2024-0003, FZZE 2024-0011.

**Анализ накопления тяжёлых металлов некоторыми мхами,
произрастающими в Красносамарском лесном массиве Самарской области**

Analysis of heavy metal deposition by some mosses growing in the Krasnosamara forest of Samara region

Богданова Я.А.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
Самара, Россия

bogdanova.ya@yandex.ru

Полиметаллическое загрязнение окружающей среды – проблема века. Определение содержания тяжёлых металлов во мхах Самарской области проводили только для техногенно-трансформированных территорий. Чтобы понять динамику этого накопления, необходим анализ содержания тяжелых металлов во мхах на территориях, не имеющих такого загрязнения. Целью данного исследования является определение накопления тяжёлых металлов разными видами мхов, произрастающих на не загрязненной территории региона.

В 2017 и в 2022 гг. был обследован ряд растительных сообществ Красносамарского лесного массива и были отобраны образцы почв и фитомассы мхов *Dicranum polysetum* Sw., *Brachythecium salebrosum* (F. Weber et D. Mohr) Bruch et al. и *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. Сбор образцов осуществлялся согласно общепринятым методам для последующего химического анализа. Количественный анализ осуществляли методом спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Анализ данных по содержанию тяжёлых металлов в почвах и мхах Красносамарского лесного массива Самарской области доказал: изучаемая территория может приниматься за фоновую для региона. Наибольшая металлоаккумулирующая способность характерна для вида *P. schreberi*, средняя – для *B. salebrosum* и наименьшая – для *D. polysetum*. С 2017 до 2022 гг. содержание Mn, Cr, Ni, Se снизилось в среднем в два раза, однако содержание As и Cu увеличилось у всех мхов. Мох *B. salebrosum*, широко распространенный во всех фитоценозах Самарской области, рекомендуется в качестве референтного вида для эколого-биогеохимического бриомониторинга на территории региона.

К изучению мохообразных памятника природы «Моховое болото» в Самарской области

The study of the bryophytes of the natural monument «Mokhovoe Boloto» in Samara region

Говорова Д.С.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
Самара, Россия

dovoresfly2019@gmail.com

Болота редко встречаются в лесостепной и степной зонах. В Самарской области существует два подобных биотопа, и они становятся всё более уязвимыми в связи с изменениями климата и высокой пожарной опасностью в летний период в регионе. На территории памятника природы (ПП) «Моховое болото» находится одно из упомянутых болот, которое сильно пострадало от засухи в 2010-2011 гг. На «Моховом болоте» в 90-х годах проводилось исследование сфагновых мхов, было выявлено пять видов. Целью настоящего исследования стало изучение видового разнообразия бриевых мхов и печеночников, произрастающих на территории ПП «Моховое болото».

В 2024 году была обследована южная часть ПП «Моховое болото», включающая в себя разнотравно-клюквенную ассоциацию, тростниково-полевицево-пушицевое и берёзово-пушицевое сообщества, а также были отобраны образцы мохообразных для последующего определения в лаборатории.

В ходе работы было выявлено произрастание на территории памятника природы восьми видов мохообразных (семь мхов, не относящихся к роду *Sphagnum*, и один печёночник). Отмечено преобладание вида *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr. в разнотравно-клюквенной и тростниково-полевицево-пушицевой ассоциациях. В берёзово-пушицевом сообществе отмечается доминирование двух видов рода *Polytrichum* – *P. strictum* Brid. и *P. commune* Hedw., с преобладанием последнего. *P. strictum* Brid. произрастает также в тростниково-полевицево-пушицевом сообществе. В разнотравно-клюквенной ассоциации обнаружен вид, ранее не отмечавшийся на территории Самарской области – *Straminergon stramineum* (Dicks. ex Brid.) Hedenäs. Таким образом были получены новые данные о видовом составе мохообразных и их приуроченности к разным ассоциациям ПП «Моховое болото».

Изучение растительности ключевых болот с карбонатнакоплением в Ленинградской области

Vegetation of spring fens with carbonate accumulation in Leningrad region

Гольдштейн М.С., Кушневская Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

mark123gold@gmail.com

Растительные сообщества, формирующиеся на выходах грунтовых вод, часто характеризуются специфическим флористическим составом и структурой группировок. В данной работе представлена эколого-флористическая характеристика трех ключевых сообществ в Ленинградской области, найденных в долинах р. Ламошка и р. Тосна. Особенностью данных местообитаний является активное холодноводное карбонатнакопление на поверхности мохообразных, образующее специфический субстрат – известковые туфы. Выявлены факторы, связанные с растительными группировками в данных условиях: обилие опада, угол наклона поверхности, мощность мохового покрова и степень обызвествления. На основе геоботанических описаний были выявлены растительные группировки для каждого местообитания.

Болото на левом берегу р. Ламошка является самым крупным из изученных. Общее проективное покрытие мхов 84%, а сосудистых растений – 43%, преобладающими видами в нем являются *Cratoneuron filicinum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Brachythecium rivulare*, *Plagiomnium elatum* и *Geranium robertianum*. Для этого сообщества все рассмотренные факторы являются связанными с типом растительных группировок. Ключевая растительность на правом берегу р. Ламошка меньше по площади, ОПП мхов 66%, а сосудистых растений – 77%. Доминантами в данном сообществе являются *C. filicinum* и *G. robertianum*, а влияющими факторами – мощность мохового покрова и степень обызвествления. Растительный покров здесь менее структурированный. Третье сообщество на правом берегу р. Тосна отличается от предыдущих. Ведущими факторами здесь являются угол наклона поверхности (поскольку сообщество располагается на почти отвесной стене) и покрытие опада, а преобладающими видами: *C. filicinum*, *Didymodon tophaceus* и *Cirsium heterophyllum*. ОПП мхов и сосудистых растений здесь ниже предыдущих сообществ (53% и 37% соответственно). Эти сообщества сходны по видовому составу и условиям формирования с описанными в европейской классификации местообитаний EUNIS «7220: Petrifying springs with tufa formation (Cratoneuron)».

Гепатикофлора Национального природного парка «Ергаки»: фоновые и редкие виды

Hepatics of Ergaky Natural Park: common and rare species

Киселев К.А.¹, Степанов Н.В.¹, Бакалин В.А.²¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия;²Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

kirillkiselev18803@gmail.com

Национальный природный парк «Ергаки» расположен на юге Сибири, а именно в центральной части Западного Саяна. Флора печеночных мхов этого горного массива в целом остается слабоизученной (выявлено около 120 видов), а по территории хребта Ергаки на данный момент имеется небольшое количество статей, которого для глубокого описания недостаточно. Целью исследования было обобщение имеющихся данных, составление первого конспекта флоры для парка «Ергаки».

При определении материала использовались анатомо-морфологические методы исследования. Кроме того, были обобщены данные по уже определенному гербарному материалу, хранящемуся в гербарии Сибирского Федерального университета.

На данный момент в парке выявлено 58 видов печеночников. Большей частью это монтанные бореальные виды с циркумполярным ареалом. Впервые для Западного Саяна было собрано 11 видов: *Conocephalum salebrosum*, *Bazzania parabidentula*, *Odontoschisma macounii*, *Nardia insecta*, *Lophozia ascendens*, *L. guttulata*, *L. silvicola*, *Scapania curta*, *Schistochilopsis incisa*, *Schljakovia kunzeana*, *Schljakovianthus quadrilobus*. *Scapania microdonta*, *Metzgeria pubescens*, *Bazzania tricrenata* включены в Красную книгу Красноярского края, встречаются редко.

Печеночники Западного Саяна остаются еще очень слабо изученными. Сравнение выявленного разнообразия с разнообразием в других локальных флорах Южной Сибири показывает явную неполноту имеющихся данных. Это свидетельствует о том, что продолжение изучения как национального парка, так и Западного Саяна в целом, позволит выявить значительное количество новых таксонов и лучше понять феномен южносибирских гепатикофлор.

К изучению мохообразных ООПТ «Дубрава водоохранная» (Самарская область)

The study of the bryophytes of the natural protected area «Vodoochranaya dubrava» (Samara region)

Колосовская М.В.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

maria2016surgut@gmail.com

Изучение биоразнообразия Российской Федерации является ключевым аспектом в сохранении природных ресурсов страны и мониторинга антропогенного влияния на флору регионов, где особую ценность представляют старовозрастные леса, в которых, как правило, произрастают уязвимые виды. Целью данной работы было выявление бриофлоры ООПТ «Дубрава водоохранная» в Самарской области, где ранее мохообразные не изучались. В 2024 году был обследован ряд растительных сообществ на территории ООПТ «Дубрава водоохранная» и отобраны образцы всех встреченных мохообразных с различных субстратов. Далее образцы определялись в лаборатории согласно общепринятым методам.

Таким образом, к настоящему моменту выявлено 18 видов мохообразных из 13 родов, 10 семейств, пяти порядков, двух классов. Обнаруженные мохообразные произрастали на таких типах субстратов как: гниющая древесина (22% видов), почва (28% видов), кора клёна остролистного (7% от общего количества видов найденных на коре), берёзы повислой (14% от общего количества видов найденных на коре), дуба черешчатого (36% от общего количества видов найденных на коре), липы сердцевидной (36% от общего количества видов найденных на коре), сосны обыкновенной (7% от общего количества видов найденных на коре), всего на коре было обнаружено 67% видов. Для изученных сообществ характерен плотный слой листового опада, закрывающий почву, что объясняет небольшое число видов, произрастающих на данном типе субстрата.

На данный момент редких видов мохообразных не обнаружено, однако экологические условия исследуемой ООПТ предполагают произрастание на его территории редких для Самарской области видов, что необходимо проверить в будущем.

Отношение стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) в гипновых мхах лесных экосистем Центральной Сибири

Carbon stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$) in feather mosses in forest ecosystems of Central Siberia

Полосухина Д.А., Прокушкин А.С.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

dana_polo@mail.ru

Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}$) бриофитов согласуется с общей моделью фракционирования изотопов углерода для растений С3 типа фотосинтеза, которая включает, как кинетические изотопные эффекты при диффузии CO_2 , так и в процессе карбоксилирования (RuBisCO). При этом кинетически обусловленное фракционирование в первую очередь связано с наличием водяной пленки на поверхности мхов и в существенно меньшей степени на уровне устьичного аппарата, играющего ключевую роль у высших растений.

Отбор образцов гипновых мхов выполнялся в лесных биогеоценозах на широтном трансекте Центральной Сибири от 60 до 67° с.ш. В общей сложности исследовано 11 видов бриофитов (120 образцов). Перед элементным и изотопным анализом образцы высушивали при 60°C в течение 48 часов и далее гомогенизировали путём измельчения в вибрационной мельнице MM 200. Определение изотопных соотношений ($\delta^{13}\text{C}$) осуществлялось элементным анализаторе (Vario Isotope Cube), подключенном к изотопному масс-спектрометру (IsoPrime100, Elementar, Германия).

Гипновые мхи, как правило, характеризовались облегченным изотопным составом углерода их фотосинтезирующих тканей по сравнению с остальными ярусами растительности лесных биогеоценозов. Данный факт обусловлен «эффектом полога», т.е. поглощением С, поступающего из обедненных ^{13}C источников, а именно минерализационного потока CO_2 из почвы. Выявлена существенная пространственная и межвидовая вариация значений $\delta^{13}\text{C}$ (от -26.33 до -34.64‰). Более тяжелый изотопный состав характерен представителям рода *Polytrichum* (-29.40±1.07‰). У доминантов мохового покрова лесов Центральной Сибири – *Hylocomium splendens* значения $\delta^{13}\text{C}$ варьировали от -29.97 до -36.12 ‰, а *Pleurozium schreberi* – от -31.14 до -35.54‰.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-00165 «Внесение изотопной метки (^{13}C - CO_2) для оценки углерод-депонирующего потенциала мохово-лишайникового яруса лесных экосистем криолитозоны Средней Сибири». <https://rscf.ru/project/25-24-00165/>.

Первичные данные о флоре мохообразных бетонных фортификаций форта «Красная Горка» (Ленинградская область)

Primary data on the moss flora of concrete fortifications of Fort «Krasnaya Gorka» (Leningrad region)

Рыжова Е.М.¹, Курбатова Л.Е.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

katrin.ryzhova.2002@mail.ru

Форт «Красная Горка» – это один из береговых фортов, построенных в царской России в начале XX века для защиты Санкт-Петербурга. Оборонительные сооружения форта представляют интерес с туристической и исторической точки зрения, а также являются интересным объектом для бриологических исследований.

В докладе будут представлены первичные данные о мохообразных форта «Красная Горка», собранных на бетонных фортификационных сооружениях. Выбор бетона обусловлен особенностями субстрата, который является аналогом скально-каменистых субстратов преимущественно основного состава. Изученные сообщества мохообразных характеризуются разнородным и специфическим составом, зависящим от степени освещенности, режима увлажнения, субстрата (состава и структуры бетона и включений), окружающих растительных сообществ. В составе моховых обрастаний фортификаций участвуют как широко распространенные мхи (*Amblystegium serpens*, *Brachythecium salebrosum*, *Pleurozium schreberi*), так и преимущественно эпифитные виды (*Homalia trichomanoides*, *Neckera pennata*, *Pylaisia polyantha*), а также мхи, тяготеющие к карбонатным субстратам (*Bryoerythrophyllum recurvirostrum*, *Didymodon fallax*, *Didymodon rigidulus*).

Полученные данные существенно дополнили сведения о мохообразных государственного природного заказника «Лебяжий», на территории которого находится форт «Красная Горка».

Изменение состава и структуры мохового покрова в зоне воздействия горнодобывающего предприятия

Alterations in moss cover composition and structure within the impact zone of a mining operation

Скрябина А.О.¹, Третьякова Е.С.²

¹Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия;

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия
skryabinaalexandra@yandex.ru

Исследование мохово-лишайникового яруса вблизи горнодобывающего предприятия (2005-2023 гг.) выявило изменения в распределении пробных площадей внутри кластеров. На первый и последний год измерений первый кластер включал в себя ельники и сосняка лишайникового. Второй кластер изначально состоял преимущественно из сосняков лишайниковых, на последний год насчитывал 9 сообществ и увеличился доля верховых болот. Третий кластер, представленный сосняками лишайниковыми, претерпел значительные изменения: в его состав стали входить сосняки, олиготрофные и верховые болота. Четвёртый кластер увеличился, помимо болот, стал включать сосняки лишайниковые. В 4 кластере количество видов мхов увеличилось (2 до 6), покрытие *Calliergon giganteum* снизилось (с 95% до 50%), индекс биоразнообразия вырос. В оранжевом кластере количество видов мхов и лишайников возросло (10 до 23), покрытие *Hylocomium splendens* снизилось (90% до 70%), *Pleurozium schreberi* возросло (с <1% до 15%). В другом варианте кластера наблюдались аналогичные тенденции с *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* и *Rhytidiadelphus triquetrus*. Во втором и третьем кластерах существенных изменений нет. На отдельных площадях: на 1-1С покрытие *Sphagnum angustifolium* снизилось, а *Aulacomnium palustre* и *Pleurozium schreberi* возросло. На К-25, упало покрытие *Sphagnum fuscum*, *Pleurozium schreberi* возросло. На К-26 количество видов осталось стабильным, но исчез *Sphagnum fuscum*, так же появились пионерные мхи. Регрессионный анализ динамики проективного покрытия показал, что вид *Sphagnum fuscum* имеет самый высокий положительный тренд, то есть увеличивает проективное покрытие. Увеличение проективного покрытия видов из рода *Sphagnum* указывает на большую роль в растительных сообществах. Также, положительные тренды отмечены у видов *Pleurozium schreberi*, однако их прирост оказался менее значительным. В то же время такие виды, как *Brachythecium reflexum*, показал существенное снижение численности.

Состав и структура группировок мохообразных на ордовикских известняках юго-запада Ленинградской области

Bryophyte vegetation features on Ordovician limestones in the southwest of Leningrad region

Смирнова Е.В.¹, Кушневская Е.В.^{1, 2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
esmir98@yandex.ru

Районы залегания карбонатных пород в Ленинградской области довольно ограничены по площади. Места выхода таких пород на поверхность также немногочисленны, но встречаются локально. Так, в Ломоносовском и Кингисеппском районах обнажения регулярны лишь в глубоких долинах рек, стекающих с западного края Ижорского плато. Здесь карбонатные породы представлены плитчатыми известняками ордовикской свиты, которые характеризуются высоким содержанием кальция, сложным рельефом поверхности, высокой водопроницаемостью и резкими различиями по увлажненности. Этот комплекс условий приводит к формированию специфических эпилитных группировок, в которых преобладают кальцефильные мхи. Для описания состава и структуры группировок и понимания приуроченности редких видов к определенным группировкам нами был собран материал по растительности обнажений известняков р. Сума и р. Ламошка в полевые сезоны 2022–2023 гг.

Растительность на известняках в целом очень разреженная (исключение – постоянно увлажненные и затененные участки с высочкой грунтовых вод). Было заложено 250 площадок 60 см² регулярной сеткой, однако 20% площадок попали на пустой субстрат. Группировки мохообразных обладают низким суммарным проективным покрытием (в среднем 35%) и малым числом видов на одну площадку (в среднем три вида). Всего отмечено 44 вида, из которых 50% общие для известняков в долинах обеих рек. Ведущую роль играют бокоплодные мхи, второстепенны верхоплодные. Печеночники встречаются единично, в местах с повышенной влажностью. Доминирующие виды обнажений различаются: для р. Сума это *Cratoneuron filicinum*, *Anomodon longifolius*, *Amblystegium serpens*, для р. Ламошка – *Anomodon attenuatus*, *Didymodon rigidulus*, *Oxyrrhynchium hians*. Редкость ряда встреченных на известняке видов может объясняться их обильным присутствием на других субстратах (например, *Leptobryum pyriforme*),

малым размером (*Fissidens gracilifolius*) или крайне рассеянным распространением и приуроченностью к специфическим условиям среды (*Platyhypnidium riparoides*).

Состояние популяций редких видов мхов Северного Приазовья
The state of populations of rare species of mosses of the Northern Azov region

Старча А.Н., Ермолаева О.Ю.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

starcha@sfedu.ru

По данным Красной книги Ростовской области (далее – КК РО) (2024) для территории Северного Приазовья указывается девять видов мхов, известных из единичных местонахождений в Матвеево-Курганском, Мясниковском и Неклиновском р-нов: *Ricciocarpos natans*, *Didymodon tophaceus*, *Eucladium verticillatum*, *Gymnostomum aeruginosum*, *Microbryum curvicolle*, *Pseudocrossidium hornschruchianum*, *P. obtusulum*, *Grimmia laevigata*, *Fontinalis antipyretica*. Один вид занесён в Красную книгу РФ (2024) – *Pseudocrossidium obtusulum*. Большинство этих видов, несмотря на малочисленность, малую площадь и сильную географическую изолированность популяций, стабильны длительное время (более 20 лет), но их существование напрямую зависит от неизменности условий обитания, в т. ч. гидрологических. В ходе обследования этих территорий в 2024 г. были выявлены два новых местонахождения, не отмеченные в КК РО (2024):

Fontinalis antipyretica Hedw. Матвеево-Курганский р-н, 3,6 км юго-восточнее х. Иваново-Ясиновка, байрачный лес, днище балки Дубовой. Произрастает в чистой группировке водной растительности, сформированной в ручье с быстрым течением. ОПП – 10%. Образует очень небольшие куртинки на камнях. На площади 1 кв. м встречается от 1 до 3 куртин, их диаметр от 5 до 20 см, длина побегов 4–22 см. Отмечен на протяжении 500 м по руслу ручья.

Grimmia laevigata (Brid.) Brid. Куйбышевский р-н, 2,5 км к югу от х. Новоивановского, долина р. Ясиновки в её средней части, верхняя приводораздельная часть юго-западного склона на левом берегу долины, каменистая степь. Среднее число дерновинок на учетной площадке 0,04 кв. м – 2,2 шт., средний диаметр – около 2,5 см, высота побегов 1,0–1,2 см; Общая площадь ЦП – около 50 кв. м.

Камень, дерево, вода? Ключевые факторы, формирующие структуру эпиксильной растительности в долинных широколиственных лесах на границах Ижорской возвышенности
(Ленинградская область)

Stone, wood or water? Key factors shaping epixylic vegetation structure in valley broadleaf forests on the borders of Izhora Plateau (Leningrad region)

Фрейдин Г.Л., Кушневская Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

gregory.maclion@gmail.com

В долинах малых рек на границе Ижорской возвышенности формируются редкие для Ленинградской области биогеоценозы. Они характеризуются комплексом взаимосвязанных факторов: высокая влажность воздуха, выходы известняков и значительная доля широколиственных пород в древостое. Мы предполагаем, что эти условия отражаются на составе и структуре эпиксильной растительности.

Эпиксильная растительность изучалась нами в долинах двух малых рек, притоков р. Сисы, – р. Сума и р. Ламошка. Всего было сделано 200 описаний эпиксильной растительности (рамки – 12 см в диаметре) на пяти пробных площадях (10×10 м). ПП заложены в высокотравно-снчевых кленово-вязовых лесах с серой ольхой, в непосредственной близости от русла рек.

В пределах ПП на всех субстратах отмечено 70 видов мохообразных. Значительную их часть можно отнести к околотовидным, например: *Brachythecium rivulare* часто отмечен и в околотовидных местообитаниях и на валеже, *Fontinalis antipyretica* и *Chiloscyphus polyanthos* встречены в эпиксильных группировках как примесь. Напротив, *Dichodontium pellucidum*, *Hygrohypnum luridum* и мелкие виды рода *Fissidens*, встречаясь в непосредственной близости от мертвой древесины, не переходят на этот субстрат.

В составе эпиксильной растительности отмечено 58 видов: 44 вида мхов, семь видов печеночников, два вида лишайников и пять – сосудистых растений. Чаще всего (встречаемость < 25%) встречаются довольно-распространенные по всему региону виды генералисты: *Brachythecium rutabulum*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Rhizomnium punctatum*, *Sanionia uncinata*. Сравнительно высоким обилием и встречаемостью отличаются виды эпифиты: *Anomodon longifolius*, *Platygyrium repens*, *Pseudoleskeella nervosa*, *Pseudoamblystegium subtile*. Роль печеночников в сложении эпиксильной растительности снижена. Самые

частые виды – *Lophocolea heterophylla* (10%) и *Chiloscyphus polyanthos* (4%), в долине р. Ламошка отмечены только эти два вида. Единично (только в долине р. Сума) встречаются эпиксильные печеночники *Syzygiella autumnalis* и *Nowelia curvifolia*.

Методология оценки состояния и восстановления популяций редких видов мохообразных эвтрофных болот Беларуси

Methodology for assessing the status and restoration of rare moss species in eutrophic mires of Belarus

Христюк-Макарова Я.А.

Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

y.makarova0302@gmail.com

Одним из основных инструментов сохранения биоразнообразия растений является обеспечение устойчивости и восстановление популяций редких и исчезающих видов, в том числе и такого важного компонента как мохообразные, однако, до настоящего времени на территории Беларуси и стран СНГ практически не проводилось подобных исследований, имеются лишь фрагментарные описания отдельных видов в составе общих бриофлористических обследований для определенных территорий, включающих болотные массивы.

Эвтрофные гипновые болота являются специфическими местообитаниями и своеобразными рефугиумами для многих редких видов мохообразных. Однако и здесь их популяции заметно сокращаются под воздействием как природных, так и антропогенных факторов. Для исследования были отобраны виды мохообразных, являющиеся редкими для территории Беларуси, а также внесенные в Красный список Европы.

Сохранение популяций мохообразных состоит из нескольких методологических подходов, имеющих одинаково важные этапы: при работе с популяциями *in situ* важно придерживаться экологического подхода, при котором изучается изменение условий произрастания и поведение популяций. В первую очередь проводится поиск мест произрастания редких видов, после чего изучаются их экологические условия. На основе полученных данных проводится моделирование, при котором выделяются критические параметры, по которым разрабатывается стратегия по восстановлению и поддержанию популяций изучаемых видов.

Сохранение популяций *ex situ* также состоит из следующих этапов: сбор материала, размножение, криоконсервация и последующая реинтродукция. Доступность материалов о видах, находящихся под угрозой исчезновения, ограничена их редкостью и недоступностью проведения достаточного количества исследований. В качестве альтернативы можно использовать хорошо сохранившиеся гербарные образцы. На этапе размножения обычно используют аксенические культуры. На данный момент развивается направление исследований по восстановлению и увеличению популяций мохообразных *in vitro*.

Листостебельные мхи Абхазии

Mosses of Abkhazia

Цвижба Р.А.

Ботанический институт Академии наук Абхазии, Сухум, Республика Абхазия

rashidzvizhba@mail.ru

Листостебельные мхи – самый крупный отдел моховидных. В мире их более 12 тысяч видов. Цель исследований – выявление видового состава листостебельных мхов Республики Абхазии. Обследования представителей отдела Bryophyta проводились, в разных районах Абхазии поэтапно и одновременно. Было обследовано 170 площадок, на высотах от 0-1800 м н.у.м. Были обследованы кора живых и сухих деревьев от основания ствола до высоты 2-3 м, корневые системы деревьев, поваленных ветром, и образовавшиеся в результате этого ямы.

В результате было определено 409 образцов мхов, в которых выявлено 99 видов среди которых семь новых: *Bryum cryophilum* Mårtensson, *Bryum elegans* Nees, *Fissidens adianthoides* Hedw., *Grimmia longirostris* Hook., *Grimmia muehlenbeckii* Schimp., *Hymenostylium recurvirostrum* (Hedw.) Dixon, *Lescurea saxicola* (Bruch et al.) Molendo и 28 редких.

Среди выявленных видов по типам местообитаний и степени питательности субстрата наиболее широко представлены эпилиты (19 видов). Меньше всего видов собрано на гнилой древесине (2) и на бедных почвах (1). По потребности в обеспечении водой преобладают мезофиты (21 вид). Гидрофиты представлены единственным видом, *Fontinalis antipyretica*, растущим только в реках.

Наибольшее количество видов (34) найдено в буковых лесах, в субтропических и каштановых лесах, поднимающихся на 500 м, условия менее разнообразны и флора мхов беднее (20 и 21 вид).

Таким образом, нами собран обширный гербарный материал, необходимый для дальнейшей работы с такой интересной и трудной для определения группой растений, которой являются мхи.

Печеночники эпиксильных группировок в коренных и эксплуатируемых таежных ельниках

Liverworts in the epixylic communities in boreal old-growth and managed spruce forests

Шорохова М.А.¹, Кушневская Е.В.^{1,2}, Шорохова Е.В.¹

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
maria.shorohova99@gmail.com

Эпиксильные группировки – это специфическая часть лесного фитоценоза, приуроченная к мертвой древесине. В таежной зоне в этих группировках доминируют мхи, печеночники и лишайники. Снижение запасов породного и структурного разнообразия крупных древесных остатков (КДО) в эксплуатируемых лесах привело к сокращению разнообразия эпиксильной растительности.

Цель работы – анализ числа видов эпиксильных печеночников в зависимости от объема КДО, вида и давности антропогенных нарушений в биогеоценозе. Исследование проводили в спелых ельниках черничного и чернично-сфагнового типов леса на востоке Ленинградской области (коренные ельники) и в южной Финляндии (интенсивно эксплуатируемые леса после экологической реставрации – оставления мертвой древесины и/или контролируемого пала). Данные о составе группировок были получены на основе описаний эпиксильной растительности.

Встречено 34 вида печеночников, в т.ч. восемь индикаторных или специализированных и пять включенных в Красную Книгу Финляндии. В коренных древостоях выявлено 20 видов печеночников, в эксплуатируемых – 32. Среднее число видов в биогеоценозе было выше в коренных древостоях. Более половины видов (23) встречались единично. Несмотря на присутствие многих индикаторных видов как в эксплуатируемых, так и в коренных лесах, в коренных лесах их встречаемость была значительно выше.

Зависимость числа видов печеночников от объемов КДО может быть аппроксимирована логарифмической кривой с выходом на плато при 50 м³/га. Число видов эпиксильных печеночников в черничных и чернично-сфагновых ельниках достоверно не отличалось.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения "Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

Особенности газообмена сфагнового покрова бореальных лесоболотных комплексов

Gas exchange features of *Sphagnum* mosses in boreal forest-mire complexes

Штанг А.К., Пономарева Т.И.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. Н. П. Лаврова УрО РАН,
Архангельск, Россия
a_shtang@inbox.ru

В 2023-2024 гг. с мая по сентябрь на территории Иласского болотного массива (Архангельская область, Приморский р-н) проводили исследования особенностей процессов дыхания и фотосинтеза растительных сообществ с преобладанием широко распространенных в бореальной зоне сфагновых мхов в сезонной и суточной динамике. Измерения проводили камерным методом с применением газоанализатора VENTрго II (Измеркон, Россия). Краткосрочные измерения осуществляли три раза в месяц. Суточные полевые выезды проводили в начале лета (июнь), в межень (июль) и осенью, в конце вегетационного сезона.

В 2023-2024 гг. средние значения фотосинтетического (поглощение) и дыхательного (эмиссия) потоков CO₂ за вегетационный сезон на участках с доминированием *S. fuscum* (F), *S. lindbergii* (L) и *S. divinum* (D) составили 246,46-886,29 мг CO₂/м²·ч и 207,64-561,67 мг CO₂/м²·ч. В 2024 г. на участке со *S. squarrosum* (S) фотосинтез и дыхание составили 384,82 и 423,55 мг CO₂/м²·ч. В ходе вегетационного сезона 2023 г. поглощение углекислоты превышало эмиссию на всех участках. В 2024 г. на открытых болотных участках F и L поглощение превышало эмиссию, в то время как на облесенных участках D и S,

начиная с середины лета, в период с дефицита осадков и повышенных температур эмиссия преобладала над поглощением.

Результаты суточных измерений показали, что газообмен изменялся вместе с изменением освещенности, повышением влажности воздуха и понижением температуры к ночи. Освещенность снижается в условиях повышенной облачности, поэтому фотосинтез в такие дни начинает снижаться раньше. Развитый древесный ярус ограничивает освещенность, поэтому с заходом солнца на облесенных участках фотосинтез прекращается раньше (D). Наиболее позднее прекращение фотосинтеза происходит на открытой незатененной мочажине (L). Наиболее раннее возобновление фотосинтеза происходит на участке, способном быстрее всех прогреться – на сухой гряде (F).

Продуктивность травяных сообществ на прибрежном участке р. Почекуйка в многоводный год (пойма Оби, окрестности Сургута)

Productivity of grass communities in the coastal area of the Pochekuyka River in a high-water year (Ob floodplain, Surgut city)

Абдикеримова П.Н., Голдхэнд М.В., Тюрин В.Н.
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
peri.abdikerimova@yandex.ru

Оценка воздействия полых вод р. Обь на прирост надземной фитомассы (НФМ) травяных сообществ проведена в 2024 г. на 70-метровом профиле у р. Почекуйка вблизи ее впадения в р. Обь.

На профиле преобладают два фитоценоза. Возвышающийся над приустьевым сором Почекуйки прибрежный участок и верхняя часть склона заняты разнотравно-осоково-ситниковым лугом (*Juncus brachyspathus*, *Carex acuta*, *Veronica longifolia*, *Sanguisorba officinalis*). Нижняя часть склона и выработанное Почекуйкой понижение покрыты осочником (*Carex aquatilis*). Укосы травостоя выполнены: 19.07, 15.08, 1.09, 17.09, 20.09.24, на площадках 0,4×0,4 м с интервалом 2 м. В эти же дни проведены замеры полых и грунтовых вод.

Анализ данных показал запоздалое развитие растений по всему профилю. В разнотравном фитоценозе к 19.07.24 (уровень затопления 1,3 м) НФМ составила лишь 19 г/кв.м. Наиболее активное развитие травостоя наблюдалось после спада воды — с 15.08 (в эту дату средняя для повышения НФМ определена в 73 г/м²) по 1.09.24 (165 г/м²), суточный прирост — 5,4 г/м². В дальнейшем НФМ мало менялась (17.09.24 — 164 г/м²). В осоковом сообществе развитие травостоя до 15.08.24 не отмечено, но зафиксировано начало роста у его верхней границы. На 1.09.24 НФМ не превышала 100 г/м². К 20.09.24 она в среднем составила 154 г/м² (прирост 5,9 г/м² в сутки), в понижении — от 0 до 88 г/м².

Таким образом, высокое половодье, превышающее на 95 см средний за 20 лет уровень, существенно задержало развитие травостоя, однако после спада полых вод отмечен интенсивный рост растений, со смещением активной фазы прироста НФМ к концу лета — началу осени.

Некоторые результаты структурно-функциональной организации послепожарных участков сосновых лесов хребта Залала (Дагестан)

Some results of structural and functional organization of post-fire areas of pine forests of the Zalala ridge (Dagestan)

Абдурахманова З.И.¹, Асадулаев З.М.^{1,2}, Кадивова Н.Г.¹

¹Горный ботанический сад Дагестанского федерального центра РАН, Махачкала, Россия

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия
zagidat.abdurahmanova88@mail.ru

Сосновые леса, в частности, в засушливых условиях Дагестана являются постоянной ареной для пожаров как низовых, так и верховых. Лишь за последние три года горели пять массивов в условиях Внутригорного Дагестана. Основной причиной возникновения лесных пожаров явилась засушливая погода в августе и сентябре. Санитарное состояние и восстановительный потенциал остается без должного учета и внимания, в связи с чем было принято изучение постпирогенной динамики и восстановительного потенциала этих лесов на модельных и доступных склонах. Одним из таких участков является сосновый массив на хребте Залала близ с. Мурада Гергебильского района.

Как постоянные мониторинговые заложены три геоботанические площади, на которых ведется учет 2021–2024 г. В травяно-кустарничковом ярусе исследуемых участков происходят интенсивные динамические изменения, сообщество нестабильное. В первые годы после пожара выпадают из травостоя лесные виды, в травяно-кустарничковом ярусе обнаружено 42 вида, на второй год прибавилось 33, общими за два года остались 17 видов. На второй год после пожара в травяном ярусе появился *Chamaenerion angustifolium*, проективное покрытие его на третий год увеличилось. Значительные изменения происходят на участке с полным выгоранием на третий год. Обнаружены 48 новых, ранее не отмеченных видов. В травостое отмечено массовое произрастание примерно в равной степени сорных видов *Blitum capitatum* (10%), *Cirsium vulgare* (20%) и степного вида *Inula germanica* (25%). Свое участие на всех трех исследуемых участках постоянно сохраняют 10 видов (*Pteridium tauricum*, *Carex alba*, *Galium valantioides*, *Trifolium pratense*, *Inula germanica*, *Euphorbia seguieriana*, *Psephellus dealbatus* и другие). На четвертый год на первом участке ОПП травянистой растительности достигло 100% с увеличением сорных видов. На сегодняшний день полученные результаты промежуточные, но это позволяет судить о

благоприятном прогнозе послепожарного восстановления сосновых лесов в условиях Внутригорного Дагестана.

Механизмы сосуществования видов сосудистых растений на начальном этапе первичной вулканогенной сукцессии (на примере Толбачинского дола, Камчатка)

Mechanisms of vascular plants coexistence at the early stages of volcanic succession on Tolbachinsky dol, the Kamchatka Peninsula

Арапов К.А.^{1,2}, Кораблёв А.П.¹, Сандалова Е.В.³

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
karapov@binran.ru

Существует множество потенциальных механизмов, позволяющих разным видам снижать конкурентное напряжение в сообществе и, как следствие, успешно сосуществовать. Цель работы — выявить функциональные признаки, на уровне которых осуществляются экотопический отбор и разделение экологических ниш, и оценить вклад каждой из этих сил в формирование видового состава куртин. Модельная территория — вулканическое плато Толбачинский дол. Нами выполнено 658 описаний куртин, произрастающих на отложениях тефры извержения 1975 г. Для наблюдаемых видовых сочетаний в куртинах рассчитывали функциональное разнообразие RaoQ (ФР) по 16 признакам. Полученное ФР сравнивали с ФР, рассчитанным для случайных видовых сочетаний с последующим расчётом стандартизированной величины эффекта — относительного отклонения значения наблюдаемого ФР от случайного. Значимость различий оценивали с помощью критерия Вилкоксона для двух зависимых выборок.

Мы выявили конвергенцию на уровне признаков, определяющих скорость поглощения ресурсов среды: удельной листовой поверхности (SLA), жизненной формы, содержания сухого вещества в листе, максимальной глубины проникновения корней. Дивергенция наблюдается по морфологическим признакам: морфологии подземных органов, плотности расположения побегов, и наиболее выражена для вегетативной высоты. Микоризный статус и жизненная стратегия сосуществующих видов не показали значимых паттернов.

Крайне низкое почвенное богатство является мощным экотопическим фильтром, который отбирает виды, сходные по стратегиям потребления ресурсов. Это в свою очередь сказывается на конкуренции в куртине за питательные вещества. Разделение ниш и сосуществование видов обеспечивается дивергенцией морфологических признаков. За счет различий в морфологии, вероятно, реализуется и защитная функция одних видов по отношению к другим в условиях переносимых ветром частиц тефры.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00650.

Сукцессии еловых лесов в юго-западном Подмосковье за последние 25 лет

Spruce forests succession in the southwestern Moscow region over the past 25 years

Архипова М.В., Кудякова С.Т.

Институт географии РАН, Москва, Россия

masha-a@yandex.ru

Проведен анализ динамики еловых лесов в бассейне р. Язвицы, который расположен на юго-западе Московской области в подзоне подтайги. За последние 250 лет доля лесов здесь значительно выросла. До середины XX века леса подвергались выборочным рубкам, а в 60–90 гг. XX века начались сплошные рубки с последующей посадкой ели, что привело к фрагментированности растительного покрова. В начале XXI века еловые леса подверглись воздействию короеда-типографа. В 2000 г. в растительном покрове бассейна р. Язвицы выделены девять лесных эпиассоциаций, которые включали условно-коренные, коротко и длительно-производные сообщества и составлена прогнозная карта развития растительности. Предполагалось, что еловые леса бассейна будут стремиться к условно-коренному состоянию и за 50 лет произойдет переход из коротко-производных к условно-коренным, а из длительно-производных к коротко-производным. Исследования 2024 г., проведенные в ельниках с липой и дубом широколиственных, ельниках кислично-зеленомошных и кустарничково-зеленомошных, показали, что в условно-коренных и коротко-производных сообществах с долей ели более 65% в древесном ярусе в ряде случаев произошло выпадение ели, в коротко-производных сообществах с преобладанием мелколиственных пород и в длительно производных сообществах доля ели заметно возросла, возросло участие широколиственных пород клена и липы в составе древостоя. Также возросло участие ели, клена и липы в

подросте. В подлеске увеличивается доля лещины и жимолости, а сокращается доля черемухи. В травяном покрове увеличивается доля неморальных видов при сокращении доли остальных эколого-ценотических групп видов. Таким образом, условно-коренные сообщества либо сохранились за 25 лет, либо стали коротко-производными при выпадении ели. Коротко-производные сообщества в большинстве случаев не изменили свой статус, а все производные и длительно-производные сообщества стали коротко-производными.

Работы выполнены при поддержке РНФ, грант 24-17-00120.

Разногодичная изменчивость морфометрических показателей побегов доминирующих видов растений луговой катены (Ленинградская область)

Interannual variability of morphometric parameters of shoots of dominant species of meadow catena plants (Leningrad region)

Безбородова Т.Е.¹, Созинов О.В.², Щукина К.В.³, Ликсакова Н.С.³, Кессель Д.С.³, Нешатаев М.В.³, Хмарик А.Г.³

¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;

²Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно, Республика Беларусь;

³Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

bezborodovatt03@gmail.com

В настоящее время одним из актуальных направлений фитоценологии является изучение изменчивости структуры луговых фитоценозов на катенах. Нами проведено изучение изменчивости высот побегов доминирующих видов растений на луговой катене долины оз. Отрадное (Ленинградская область) на примере *Alopecurus pratensis*. Аналогичные исследования провели для *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Filipendula ulmaria*, *Geranium sylvaticum*, *Galium album*, *Geum rivale*.

Длина генеративных побегов *Alopecurus pratensis* в 2021 г. (влажная и прохладная весна) была больше, чем в 2024 г. (сухая и теплая весна), соответственно: 149,4±2,9 см. и 138,9±2,9 см при значимых различиях ($p = 0,013$), и относительно стабильной вегетативной части побегов: 103,1±2,9 и 96,5±2,7 см ($p = 0,159$). Максимальные высоты побегов стабильно сохранялись в год исследования в асс. *Calamagrostietum epigeji* (верхняя часть склона). Минимальные размеры побегов варьировали относительно фитоценозов катены: в 2021 г. — *Phalaridetum arundinaceae filipendulosum*, а в 2024 г. — в *Arrhenatheretum elatioris geraniosum*. Теплой и сухой весной (2024 г.) высоты побегов *Alopecurus pratensis* на топографическом градиенте сформировались более выровнено (отличия только ценопопуляции *Alopecurus pratensis* на вершине склона в *Calamagrostietum epigeji* от всех остальных ценопопуляций профиля), тогда как в более прохладный и влажный весенний сезон (2021 г.) дифференциация популяций по высотам значительно выше.

При сравнении разногодичной изменчивости вегетативная часть побегов оказалось более стабильной, чем весь генеративный побег. Значимые различия отмечены по вегетативной части побега ценопопуляций только в асс. *Filipenduletum ulmariae alopecurosum* и *Arrhenatheretum elatioris geraniosum*: снижение длины побега на 12–19%. По высоте генеративных побегов стабильной осталась только ценопопуляция в *Phalaridetum arundinaceae filipendulosum*, в остальных локациях катены высоты генеративных побегов значимо уменьшились в 2024 г. на 11–15% относительно 2021 г.

Динамика старовозрастных еловых лесов за последние десятилетия в Московском регионе

Dynamics of old-growth spruce forests over the last decades in the Moscow region

Беляева Н.Г.¹, Черненко Т.В.¹, Маслов А.А.², Титовец А.В.², Новиков А.С.¹

¹Институт географии РАН, Москва, Россия;

²Институт лесоведения РАН, п/о Успенское, Московская обл., Россия

belyaeva@igras.ru

Долговременные исследования лесных сообществ на постоянных площадках дают возможность отслеживать внутреннюю природную динамику лесов, а также их ответ на изменение климата или других параметров внешней среды. Уникальным объектом исследования для Московского региона выступают заповедные лесные участки, которые были организованы под руководством Л.П. Рысина в 1979–1991 годах. Заповедные лесные участки достаточно полно охватывают разнообразие природных условий региона, имеют охранный режим и являются постоянным объектом изучения.

Повторные наблюдения на пробных площадках в 2024 г. проводились на месте старовозрастных ельников 80-х годов, что позволило оценить изменения, произошедшие за примерно 40 лет. Среднее проективное покрытие древостоя еловых лесов снизилось с 72 до 36%, при этом в 13% описаний 2024 г.

проективное покрытие древостоя менее 10%, либо древостой распался полностью. На месте полностью или частично распавшихся древостоев в настоящее время значительно разрослась лещина (увеличив свое среднее проективное покрытие с 6 до 29%), либо подрост ели (с 4 до 14%). Наблюдается достоверная связь абсолютной высоты над уровнем моря и значениями проективных покрытий лещины и подрост ели: для лещины корреляция положительная, а для подрост ели – отрицательная. Таким образом, дальнейшая динамика сообществ после распада елового древостоя может зависеть и от морфометрических характеристик рельефа.

Значительные изменения за последние десятилетия коснулись также и полного видового состава лесных сообществ (включая травяно-кустарничковый и моховой ярус). Так, с помощью NMDS ординации показано, что сообщества двух временных срезов образуют практически непересекающиеся облака точек. По шкалам Элленберга за 40 лет возросло богатство почв, и появились или увеличили обилие виды с более высоким баллом по шкале температуры. Увлажненность почв достоверно не изменилась.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №24–17–00120.

Карта растительности Сургутского ботанического сада

The vegetation map of Surgut botanical garden

Богданова Д.В., Кукуричкин Г.М.

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

danhik-81093@yandex.ru

Сургутский ботанический сад (СБС), площадью 14,89 га, располагается в центральной части г. Сургута (61.2476°N, 73.4356°E). Эта территория подвергается постоянному антропогенному воздействию. Очевидна необходимость оценки пространственной структуры и степени нарушенности растительного покрова для принятия проектировочных решений по благоустройству ботанического сада, поиска перспективных локаций для новых экспозиций.

В основу карты растительности были положены методы экспресс-описаний и дистанционного зондирования. Наибольшую площадь занимают сосняки черничные (31,43%), являющиеся исходным типом растительности данной территории, осинники разнотравные и их модификации (10,4%) — результат вторичной сукцессии после техногенного воздействия. Газоны занимают 13,86%. Более 12% занято дорожно-тропиночной сетью (ДТС) и сооружениями. Водный объект (рукав р. Сайма) и прибрежно-водная растительность занимают 7,6%.

Для карты нарушенности отмечались особенности рельефа и степень трансформации отдельных выделов по шестибальной шкале. «Минимальную» степень трансформации (2,15%) имеет низинное болото в центральной части СБС и прилегающие к нему гигрофильные леса, а также сосняк черничный на востоке СБС. «Слабую» степень трансформации (6%) имеют аборигенные леса (сосняки и кедррачи). Доля «умеренной» степени трансформации составляет 41,21% — лесные сообщества в условиях интенсивного рекреационного пресса. Почти 11% СБС занимают участки с «сильной» степенью трансформации, где была уничтожена аборигенная растительность, и стихийно сформировались фитоценозы с доминированием рудеральной флоры. 20,13% приходится на «регулируемую» степень трансформации — газоны. К «катастрофической» степени трансформации отнесены ДТС и сооружения (12,35%). Водные объекты (7,17%) не оценивались.

Ландшафтная асимметрия западной и восточной частей острова Борщовец (Кандалакшский залив, Белое море)

Asymmetrical landscapes of the western and eastern parts of the Borshchovetz island
(Kandalaksha Bay, White Sea)

Васильев С.С.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

mr.sergvasilyev@yandex.ru

Остров Борщовец относится к Керетскому архипелагу, расположенному у выходов из губ Чупа и Кереть в Кандалакшском заливе (Белое море), в зоне северной тайги. В августе 2024 г. была исследована растительность по методике Ипатова, Мирина — заложены 16 пробных площадей в разных частях острова. На основе полевых материалов, а также дешифрирования космических снимков была составлена геоботаническая карта, а также схема распределения NDVI.

Всего на острове присутствует семь типов растительности: 1. Сосняки вересковые лишайниковые; 2. Сосняки лишайниковые редкостойные скальные; 3. Сосняки черничные лишайниковые; 4. Сосняки

брусничные; 5. Леса берёзово-сосновые пырейно-брусничные; 6. Пионерные овсяницево-брусничные сообщества на скалах и валунах; 7. Литоральные сообщества водорослей.

На о. Борщовец хорошо прослеживается асимметрия восточной и западной частей. Восточная часть острова расположена на пути холодных северо-восточных ветров из открытой части Кандалакшского залива и перекрыта мореной со скальными выходами. Здесь преобладают более богатые по составу и более сомкнутые лесные фитоценозы (№ 3, 4). Сообщества № 6, 7 также развиты более всего здесь. Западная часть острова – крупный скальный выход (сельга) без четвертичных отложений. Леса здесь более сухие (№ 1), редкостойные и бедные по составу. Сообщество № 2 располагается на скальных выходах на северном берегу, на востоке через седловину проникает также и на южный.

Данные NDVI хорошо согласуются с геоботанической картой. В центральной части острова значения наибольшие — в среднем 0.7–0.8; на востоке, где на развитие растительности сказывается влияние холодных ветров — меньше, ~0.5–0.6; наименьшие значения на западе — ~0.4–0.5.

Применение ботанико-географических принципов классификации растительности на торфяниках, нарушенных фрезерной добычей торфа (на примере торфяника Виттгирренского в Калининградской области)

Land cover classification in milled peatlands based on botanical-geographic site characteristics:
a case study from the Rosсыanka Carbon Supersite, Kaliningrad, Russia

Гольцверт Г.С., Напреенко М.Г.

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия
german.goltcvert@mail.ru

В Калининградской области в 2021 г. с целью изучения и контроля эмиссии парниковых газов создан карбоновый полигон «Россыанка», сухопутной площадкой которого является торфяник Виттгирренский, нарушенный фрезерной добычей торфа.

Для количественной оценки потоков парниковых газов с этих местообитаний большое значение имеет детальная характеристика и классификации почвенно-растительного покрова. Такие классификации, положенные на картографическую основу, в дальнейшем используются для подразделения территории торфяников на участки по типам выбросов парниковых газов. Также изучение растительности сукцессионных стадий торфяников позволит прояснить развитие болотных экосистем после антропогенного вмешательства. Цель данной работы — описание и классификация почвенно-растительного покрова на уровне болотных микроландшафтов центральной части торфяника Виттгирренского, где сохранилась остаточная торфяная залежь.

В результате предварительного обследования и картирования торфяника было выявлено 22 типологических участка, которые на карте торфяника получили условный ранг «категория растительного покрова». Данные единицы можно рассматривать в качестве болотных фаций — участков, однородных на всём своём протяжении по характеру растительности, залежи, микрорельефа, водного режима. Фации, схожие по структуре растительного сообщества, были объединены в ранг «тип растительного покрова» по преобладанию жизненной формы в верхнем ярусе фитоценоза. Таким образом, выделенные единицы почвенно-растительного покрова можно рассматривать в качестве ботанико-географической классификации в масштабе конкретного болотного массива.

Растительность центральной части торфяника относится к типу «древесная растительность торфяных пустошей». Она представлена различными типами берёзовой поросли с разной высотой, сомкнутостью и диаметром ствола, а также с отличиями в составе сопутствующих видов. Травяно-кустарничковый ярус и напочвенный, мохово-лишайниковый покров также показывают чёткие отличия.

Реакция растительного покрова на участке приморских равнин Чукотского полуострова на изменения климатических и геокриологических условий

The response of vegetation cover of the Chukchi peninsula coastal plain to climatic and geocryological conditions dynamics

Григорян А.Г., Маслаков А.А., Грищенко М.Ю.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
aligrigoryan612@yandex.ru

Тундра является одной из наиболее чувствительных к изменениям климата экосистем мира, поскольку её растительные компоненты существуют на пределе экологической толерантности. Растительность в арктических районах часто развивается на многолетней мерзлоте, которая является термически нестабильной средой. Таким образом, тундровая растительность особо уязвима к нарушениям

хрупкого термодинамического баланса. Подвижки в температурном ходе и режиме увлажнения почвы приводят к изменению термического баланса нижележащей мерзлоты и, соответственно, условиям произрастания растительности.

В нашем исследовании представлены результаты многолетнего мониторинга растительного покрова за период с 2001 по 2024 гг. на стационарных площадках, заложенных на Чукотском полуострове. В работе задействованы данные по максимальной мощности сезонноталого слоя и проективному покрытию растений, ежегодно фиксируемых на двух площадках программы Циркумполярного мониторинга сезонноталого слоя CALM, расположенных на восточном побережье Чукотского полуострова. Несмотря на возросшую продуктивность растительных сообществ и увеличение мощности сезонноталого слоя, отдельные виды растений реагируют на эти изменения по-разному. Например, для сообществ, расположенных на склоновых участках равнин, характерно снижение участия мхов и осок, а на плоских плохо дренируемых поверхностях, напротив, развиваются сообщества с превалирующей ролью осок.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-77-01016 «Трансформация криогенных ландшафтов приморских равнин Чукотки на фоне изменений климата».

Растительность и анализ её динамики на локальных вершинах Южного Урала по программе долгосрочного мониторинга высокогорных экосистем

Vegetation and analysis of its dynamics on the local peaks of the Southern Urals under the program of long-term monitoring of high-altitude ecosystems

Громова О.А.^{1,2}, Моисеев П.А.¹, Моисеев Д.А.¹

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия;

²Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия
gromova_oa@ipae.uran.ru

В 2001, 2008, 2015 и 2022 годах в рамках международной программы GLORIA по мониторингу высокогорной растительности и её биологического разнообразия на четырех вершинах гор Южного Урала (Большой Ирмель (1595 м н.у.м.), Малый Ирмель (1437 м н.у.м.), Большой Нургуш (1406 м н.у.м.) и Дальний Таганай (1112 м н.у.м.) по стандартизированной методике были проведены описания проективного покрытия сосудистых растений и их встречаемости. Для каждой вершины и года наблюдения был рассчитан индекс термофильности на основе данных о проективном покрытии каждого вида и его высотном ранге, зависящем от пределов и основного высотного пояса его распространения (от верхней части горно-тундрового — 2 ранг, до горно-лесного пояса — 6 ранг). Данные, полученные в результате многолетних наблюдений за проективным покрытием сосудистых растений на постоянных площадках, предоставляют уникальную возможность проследить динамику как растительности в целом, так и отдельно взятых видов.

Сравнение индексов термофильности, рассчитанных для 2001 и 2022 года, показало, что на г. Дальний Таганай ($S_{2022} = 4,54$; $S_{2022} - S_{2001} = 0,49$), г. Б. и М. Ирмель ($S_{2022} = 3,85$; $S_{2022} - S_{2001} = 0,41$ и $S_{2022} = 3,74$; $S_{2022} - S_{2001} = 0,50$, соответственно) произошло увеличение его значений, а на г. Б. Нургуш ($S_{2022} = 3,37$; $S_{2022} - S_{2001} = -0,13$) понижение. Повышение индекса термофильности связано как с увеличением покрытия видов подгольцового пояса, так и снижением покрытия типично тундровых видов. Так, заметно увеличилось покрытие *Anemonastrum biarmense* (Juz.) Holub. на г. Б. Ирмель и г. Д. Таганай, а *Bistorta major* S.F. Gray, на г. М. Ирмель и г. Д. Таганай. При этом значительно снизилось покрытие *Festuca igoschintiae* Tzvelev. на площадках на г. Б. и М. Ирмель и *Carex ensifolia* Turcz. ex V.I. Krecz. на г. Б. Ирмель. Отмеченные изменения указывают на выраженное смещение растительных поясов выше в горы на отдельных вершинах Южного Урала в ответ на изменения климата в последние десятилетия.

Методы генерализации крупномасштабных карт растительности на примере отдельных лесных массивов Санкт-Петербурга

Generalization methods of large-scale vegetation maps on the example of the St. Petersburg's local forest areas

Деркач Е.С.^{1,2}, Озерова С.Д.¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
katya.d96@bk.ru

В процессе создания обобщенной крупномасштабной карты растительности Санкт-Петербурга авторами использованы составленные ранее карты растительности м. 1 : 10 000–25 000 на локальные территории города и выработаны принципы и методы их генерализации до м. 1 : 100 000. Исследование

проведено для лесного массива «Старая граница», являющегося модельной территорией для картографирования южнотаежных лесов, и апробировано на двух особо охраняемых природных территориях — «Комаровский берег» и «Левашовский».

В работе применены принципы географической генерализации (повышение ранга таксономических единиц при разработке легенды; устранение серийных типов растительных сообществ; объединение отдельных типов сообществ в комбинации и т.д.) и геометрической генерализации (упразднение контуров малой площади, сглаживание границ).

Для крупных лесных массивов («Старая граница» и «Левашовский») количество номеров легенды при генерализации исходной карты до итоговой сократилось в 3,5 раза, количество контуров — в 5–8 раз. Средняя площадь контура выросла в 5–8 раз. Для небольшого памятника природы «Комаровский берег» количество номеров легенды сократилось в 7 раз, а количество контуров — в 30 раз. Средняя площадь контура выросла в 33 раза за счет объединения типов растительных сообществ в комбинации. Соотношение площадей условно коренных еловых лесов, производных березовых лесов на картах разного масштаба сохранилось. Соотношение площадей сосновых лесов сохранилось везде, кроме заказника «Левашовский», где значительная часть сосняков и олиготрофных болот была объединена в лесоболотные комплексы ввиду невозможности отразить сообщества по отдельности. Ввиду малых площадей упразднены луга, евтрофные болота и т.д. Таким образом, при переходе к обобщенной крупномасштабной карте невозможно сохранить всю мозаичность растительного покрова города, однако можно отразить основные закономерности в распространении растительных сообществ.

Структурные изменения старовозрастных еловых лесов Камчатки в ответ на изменения климата

Structural changes in old-growth spruce forests of Kamchatka in response to climate change

Дзизюрова В.Д.^{1,2}, Дудов С.В.², Петренко Т.Я.^{1,2}, Замуруева В.В.¹

¹Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия;

²Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, Россия
dzizyurova.vd@mail.ru

Биом бореальных лесов — один из основных компонентов климатической системы Земли, который, согласно прогнозам, сместится на север из-за глобальных изменений климата. На полуострове Камчатка проходит северная граница ареала бореальных лесов из ели аянской (*Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.) Carrière), широко распространенных в северо-восточной Азии. С 2000-х годов в районе их распространения наблюдается рост среднегодовой температуры, количества осадков и увеличение влажности воздуха. Цель исследования — проверить, есть ли взаимосвязь между изменениями климатических параметров с показателями спектрального отклика еловых лесов на многолетних рядах спутниковых снимков и их структурными характеристиками.

Материалом послужили спектральные данные Landsat (~30 м) и полевые данные 2024 г. с 10 круговых пробных площадей 0.1 га с полным перечетом и картированием древостоя, бурением деревьев и учетом подроста. Выявлено достоверное изменение вегетационного индекса EVI еловых лесов Камчатки в сторону увеличения фотосинтетической активности за последние 20 лет. Сравнение данных полевых исследований с результатами работ Ю.И. Манько свидетельствует о том, что за последние 50 лет средний запас насаждения вырос на 33.1 м³/га, а среднее количество подроста увеличилось на 317.2 шт./га.

Работа послужила началом организованного мониторинга старовозрастных еловых лесов в условиях меняющегося климата. Понимание механизмов таких изменений необходимо для устойчивого лесопользования и восстановления лесного фонда на полуострове Камчатка.

Лесовосстановительные процессы в пройденных ветровалом ельниках заказника

«Гладышевский» (Санкт-Петербург)

Forest restoration processes after windfall in spruce forests of “Gladyshevskiy” nature reserve (St. Petersburg)

Добронравина В.Н.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

vdobronravina@binran.ru

Ветровалы — один из основных типов естественных нарушений в еловых лесах. В заказнике «Гладышевский» восстановление леса после ветровалов исследуется на двух постоянных пробных площадях (ППП) — ГЗ-4 (заложена в 2008 г. в ельнике кисличном, сфагновом; ветровально-почвенный комплекс начал формироваться под воздействием сильных ветров 2011–2013 гг., окончательно сложился к 2016 г.) и ГЗ-В1 (заложена в 2011 г. на участке сплошного вывала ельника кислично-чернично-сфагнового 2003–2005 гг.).

К 2024 г. на ГЗ-4 сформировался разреженный березово-рябиново-еловый молодняк, однако прирост запаса его древостоя за восемь лет (2016–2024 гг.) незначителен. В подросте весь период наблюдения поровну представлены ель и береза, в подлеске абсолютно доминирует рябина. На ГЗ-В1 запас древесного яруса березово-рябинового леса за 11 лет (2013–2024 гг.) вырос более чем в два раза. Состав подроста изменился с 5Е5Б до 10Е, в подлеске преобладает рябина. Видовой состав относительно стабилен у сосудистых растений обеих ППП и лишайников ГЗ-В1. Серьезные изменения в составе мохообразных обеих ППП, а также лишайников ГЗ-4 объясняются активным освоением ими новых, часто недолговечных субстратов (валеж и вывороты корней разных видов деревьев и кустарников, нарушенная почва).

Лесовосстановительные процессы более активно идут на ГЗ-В1, где доминирующие в древесном ярусе береза и рябина сменяются елью в ближайшее время. На ГЗ-4 в древостое весь период наблюдения преобладает ель, однако обилие рябины высотой больше 3 м в подлеске позволяет предположить ее скорый выход в доминанты древостоя и формирование березово-елово-рябинового молодняка.

Функциональное разнообразие лесных фитоценозов Смоленско-Приволжского широколиственно-хвойнолесного биома под влиянием антропогенного нарушения

Forest communities functional diversity of the Smolensk-Volga broadleaf-coniferous forest biome in anthropogenic impact assessment

Дудова К.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

k.v.dudova@yandex.ru

Одним из подходов, широко используемых в мировой практике экологических исследований, является функциональный. Для таежных лесов европейской части России ранее не было исследований, посвященных функциональному разнообразию этих сообществ. Целью исследования была оценка функционального разнообразия хвойно-лиственных лесов разной степени нарушенности и выявление взаимосвязей с исследуемыми факторами среды.

Исследования проводили в 2023–2024 гг. на территории Псковской, Тверской, Московской областей, а также Троицкого и Новомосковского административных округов г. Москвы. Выбрано пять типов фитоценозов: малонарушенные хвойно-широколиственные леса, еловые монокультурные посадки, хвойно-лиственные леса под воздействием рекреационной нагрузки, березняки и сообщества вырубок 8–11 лет. Всего заложено 120 пробных площадей, на которых проводили геоботанические описания, отбирали пробы почв, возрастные керны, листья растений на элементный анализ. В лабораторных условиях измеряли почвенные параметры, функциональные признаки листа (содержание азота и углерода). Расчеты функционального разнообразия проводили в среде R (пакеты *FD*, *mFD*). Для расчетов были также использованы данные базы TRY по значениям некоторых функциональных признаков.

Рассматривали пять функциональных признаков: содержание в листьях углерода, азота; удельная листовая поверхность; вегетативная высота растения; масса семян. Полученные значения функционального богатства варьируют от 0,002 до 0,323; функциональной дисперсии — от 0,135 до 0,732; функциональной выравненности — от 0,196 до 0,73; функциональной дивергенции — от 0,584 до 0,99. Показана положительная корреляция между таксономическим богатством ($r = 0,79$, $p\text{-value} < 2.2 \cdot 10^{-16}$) и функциональным. Наименьшими значениями функционального богатства из изученных сообществ характеризуются фитоценозы зональных елово-широколиственных лесов, в то время как наибольшими — березовые леса с подростом ели.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-74-01143.

α - и β -разнообразие ксерофильных сообществ луговой катены (долина р. Неман, Беларусь)

α - and β -diversity of xerophilous communities of meadow catena (Neman River valley, Belarus)

Дятчик А.С., Созинов О.В.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Республика Беларусь

anastasia_dyatchik@mail.com

Остепнённые луга в долинах рек являются рефугиумами редких видов растений и редкими биотопами на территории Республики Беларусь. Изучение фитоценотической структуры ксеромезофильной растительности проводили на луговой катене южной экспозиции в долине р. Неман ~ 1 км на восток от д. Пригодичи (Беларусь, Гродненский р-н) в июне 2024 г. На геоботаническом профиле

заложено девять пробных площадей (100 м²) от склона коренного берега до первой надпойменной террасы. На каждой ПП в регулярном порядке заложено по 50 учетных площадок ¼ м².

В результате анализа полученных данных, выявлен флористический состав фитоценозов, который составлял 66 видов травянистых растений, с доминирующими f. *Asteraceae* (10 spp.) и *Poaceae* (9), третье место среди доминирующих семейств, в равных соотношениях, разделили *Rosaceae* (5), *Fabaceae* (5) и *Caryophyllaceae* (5); также восемь видов мохообразных, три — *Cladonia* spp. Сообщества по спектру эколого-ценотических групп в целом сходны, с доминированием луговой группы от 50% до 77%. В тоже время, по видовому разнообразию сообщества более дифференцированы ($H = 2,25-3,02$), при этом относительно максимальное значение индекса зафиксировано на склоне коренного берега, где отмечена относительно высокая степень выравненности (индекс Пиелу = 0,52). Видовое богатство (по индексу Маргалефа) варьирует от 3,08 до 5,21, с максимумом в сообществах на склоне второй надпойменной террасы. По изученным индексам выявлена высокая степень различий между фитоценозами ($p < 0,05$). Видов, которые вносят существенный вклад в различия анализируемых сообществ (по SIMPER), достаточно много и доля каждого невысокая (<12%): первые десять видов имеют 57% Cumulative.

Таким образом, анализ сообществ луговой катены долины р. Неман (окр. г. Гродно) показал их сходство по эколого-ценотической структуре, и дифференциацию по видовому составу, что является отражением разнопланового влияния топографического фактора долин крупных рек на формирование растительности.

Многолетние ряды радиального прироста *Quercus robur* L. как индикаторы факторов функционирования ландшафтов (на примере центра Русской равнины)

Long-term radial growth series of *Quercus robur* L. as indicators of the factors of landscape functioning (case study of the center of the Russian Plain)

Железнова О.С., Тобратов С.А.

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань, Россия

zheleznova_rzn@mail.ru

Процессы функционирования ландшафта тесно связаны с количеством органического вещества, создаваемого первичными продуцентами. Один из наиболее доступных источников информации о пространственно-временных закономерностях биопродукционного процесса в лесных экосистемах — древесно-кольцевые хронологии, получаемые при обработке кернов и спилов деревьев.

Настоящая работа резюмирует результаты изучения закономерностей прироста *Quercus robur* L. в широком спектре зональных и аazonальных условий центра Русской равнины (ландшафты подтайги и широколиственных лесов Рязанской области). Изменчивость в многолетних рядах прироста *Q. robur* обусловлена совокупным влиянием климатической динамики и комплекса ландшафтных факторов (геолого-геоморфологических и литотектонических), трансформирующих единый региональный климатический сигнал и определяющих пространственную неоднородность поля биопродуктивности древостоев.

Средний радиальный прирост *Q. robur* в пределах района исследований различается в 2,4 раза (1,08–2,60 мм/год). Минимальные приросты характерны для подтаежных экосистем, приуроченных к песчаным останцам третьей надпойменной террасы московского возраста; максимальные — для дубрав в пойме Оки. Для ряда хронологий установлено нарушение временной устойчивости (нестационарность) связей в системе «климат — прирост древостоев». Данные хронологии приурочены к местообитаниям с литогенно и тектонически обусловленным затрудненным водообменом (пойма Оки, Салтыковский прогиб Окско-Донской равнины, ландшафты Южной Мещеры с современным тектоническим опусканием). Нестационарность связей обусловлена ростом осадков сентября-марта в последней четверти XX в. и особенно в 1990–2014 гг. (достоверно больше, чем в 1891–1948 гг.). Рост увлажнения — причина снижения приростов *Q. robur* в данных ландшафтах. Напротив, реакция приростов *Q. robur* на гумидный тренд в условиях Среднерусской возвышенности (унаследованная положительная локальная морфоструктура с современным воздыманием) была положительной.

Возобновление деревьев в ветровальных окнах в чернопихтово-кедрово-широколиственных лесах

Tree regeneration in gaps in South Manchurian mixed forests

Замуруева В.В.^{1,2}, Петренко Т.Я.¹, Дзизюрова В.Д.¹¹Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия;²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

vizula02@mail.ru

Ветровальные окна в пологе, образованные выпавшими деревьями, являются доминирующим нарушением в лесных сообществах. Вследствие возникновения окон формируется сложная пространственно-мозаичная структура лесных фитоценозов, изменяется распределение света и круговорот питательных веществ, что сказывается на составе растительности и разнообразии почв.

В работе мы исследовали возобновление деревьев в ветровальных окнах, сформировавшихся после тайфуна Майсак (2020 г.) в Уссурийском заповеднике на юге Приморского края. Через каждое окно была заложена две трансекты шириной 2 м, каждая трансекта была разделена на площадки по 2 м, в результате размер каждой пробной площадки составил 4 м².

Всего было учтено 10 окон, и 280 площадок 2×2 м, на которых выявлено 5535 особей, относящихся к 29 видам. Самыми многочисленными видами оказались *Fraxinus mandshurica* (35%) и *Ligustrina amurensis* (18,5%). Все особи были поделены на три группы по высоте — < 50 см, 50–150 см и > 150 см. Самой многочисленной оказалась первая группа (91%), с возрастом происходит сильное изреживание. Отмечали три возрастных состояния возобновления — имматурные (39%), ювенильные особи (47%), и проростки (14%). Для некоторых видов (*L. amurensis*, *Acer mandshurica*, *Acer mono* и *Acer pseudosieboldianum*) было отмечено преобладание имматурных особей над ювенильными. Преобладающее количество проростков отмечено у *Pinus koraiensis*. В четырехбалльной шкале жизнеспособности, где 1 — мёртвое дерево, 4 — отличное состояние, преобладающими отметками были 2 (43%) и 3 (35%) балла. По отношению к свету все виды были разделены на теневыносливые (20% от всех видов), относительно теневыносливые (35%) и светолюбивые (45%).

Оценка влияния однократных рубок шестидесятых годов XX века на состояние лесных насаждений кедрово-широколиственных лесов южного Сихотэ-Алиня

Assessment of the impact of single felling in the sixties of the XX century on the condition of forest stands of cedar-broadleaved forests of southern Sikhote-Alin

Захарова В.Е.^{1,2}, Ухваткина О.Н.¹, Омелько А.М.¹, Жмеренецкий А.А.¹¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

info@biosoil.ru

Проблема грамотного лесопользования остро стоит во многих странах, в том числе и в России. За время интенсивного освоения лесов практически вся хозяйственно ценная часть лесного фонда Приморского края подвергалась неоднократным рубкам, при этом до сих пор не решен вопрос о длительности восстановления лесных участков. В связи с этим мы решили сравнить влияние однократных рубок шестидесятых годов XX века на общее состояние кедрово-широколиственных лесов южного Сихотэ-Алиня.

В ходе исследования были проведены работы по изучению видового состава древостоя и подроста, запасов живой и мертвой древесины на площади 4 км² на территории Верхне-Уссурийского стационара ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, где в шестидесятые годы XX века проходили однократные фрагментарные вырубki. Также на этой территории сохранились и нетронутые участки леса. На исследуемой территории нами были выделены две категории участков: малонарушенные и нарушенные, а затем в каждой из категорий была проведена оценка древостоя по основным принятым параметрам.

В результате исследования выяснилось, что общее число видов древостоев в малонарушенных и нарушенных лесах совпадает, но наблюдаются различия в соотношениях между ними. Так, в послерубочных древостоях преобладают береза желтая и липа амурская, а в мало нарушенных — ель аянская и кедр корейский.

Запас живой древесины в малонарушенных древостоях составляет от 200 до 360 м³, в то время как в нарушенных древостоях от 170 до 442 м³. Также установлено, что запас мертвой древесины значительно выше на нарушенных территориях. Таким образом, проведенное исследование показывает, что однократные выборочные рубки имеют значительное влияние на кедрово-широколиственные леса, внося существенные корректировки в преобладающие породы древостоя. Полученные результаты дают большее понимание процессов восстановления лесов на территории юга Дальнего Востока России.

Состав и структура растительности лишайниковых пастбищ припечорских тундр

Composition and vegetation structure of Pechora tundra lichen pastures

Карсонова Д.Д.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

dariakarson@gmail.com

Сравнительный анализ данных 89 полных геоботанических описаний на шести ключевых участках: (о-в Ловецкий и м. Костяной Нос [1], оз. Кузнецкое-то [2] и м. Кузнецкий нос [3] (Печорская губа); р. Ортина (запад Большеземельской тундры) [4]; р. Северная [5] и р. Шапкина [6]) выявил различия видового состава в пределах кустарничково-лишайниковых, мелкоерниковых, и зональных сообществ двух классов растительности: *Carici arctisibiricae*–*Hylocomietea alaskani* (CHY) и *Loiseleurio procumbentis*–*Vaccinietea* (LOI). Оценили проективное покрытие (ПП), высоту лишайникового покрова (hL).

Выявлены стадии деградации (выпас северного оленя) растительного покрова кустарничково-лишайниковых сообществ класса LOI (на песках): 1) пятна открытого грунта и криптогамных корок (с ПП от 5%), отсутствие лишайников (в виде крошки); 2) зарастание криптогамными корками (*Gymnomitrium corallioides*), накипными лишайниками (*Ochrolechia* spp., *Icmadophila ericetorum*, *Psoroma hypnorum*, *Pertusaria* spp.), hL 1–3 см; 3) зарастание не кормовыми (*Alectoria* spp. (ПП 20%), *Sphaerophorus globosus*), «выпадение» кормовых видов (*Cladonia arbuscula*, *Cl. rangiferina*, *Flavocetraria cucullata*, *Fl. nivalis*), hL 3–6 см.

Для мелкоерниковых сообществ класса LOI наблюдаются различия: в стадиях 2) и 3) в зарастании активнее проявляют себя виды мхов *Racomitrium lanuginosum*, *Ptilidium ciliare* (ПП 5%). Для сообществ класса CHY (на сугликах) на стадии 1) открытые пятна грунта вызваны криогенными процессами, но могут быть усилены выпасом; на стадиях зарастания 2) и 3) активнее проявляются виды сосудистых *Calamagrostis lapponica* (ПП 20%), *Equisetum arvense* (ПП 15%) и мхов *Polytrichum hyperboreum*, *P. piliferum*. На участках [1], [2], [3], [4] в растительном покрове преобладают кустарничково-лишайниковые и мелкоерниковые сообщества класса LOI с 2) и 3) стадиями деградации. На участках [5] и [6] — мелкоерниковые сообщества класса LOI и нарушенные зональные сообщества класса CHY с 1) и 2) стадиями деградации.

Эффективность мероприятий по повторному заболачиванию выработанного торфяника «Острова» (Республика Беларусь)

Effectiveness of measures for re-wetting of the extracted Ostrovo peatland (Belarus)

Комар А.Ю., Шавалда Е.С., Комар С.А.

Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск,

Республика Беларусь

artur.komar@tut.by

Представлены результаты мониторинга состояния осушенного торфяника «Острова» (54°31'37,6" с.ш. и 26°31'32,2" в.д.) площадью 854 га, на котором в 2018–2019 гг. проведены мероприятия по восстановлению гидрологического режима для возобновления естественных процессов болотообразования на данной территории. Бывшие торфоразработки — осушенная территория, прорезанная сетью каналов и поврежденная пожарами. На выработанной части преобладали массивы открытого торфа с *Calluna vulgaris*, редко — *Eriophorum vaginatum*.

В 2024 г., через шесть лет после проведения мероприятий по повторному заболачиванию, выявились две тенденции. Во-первых, в юго-восточной части выработанного торфяника (квартал 30) перемычки на каналах успешно выполняют свою функцию по стабилизации уровня грунтовых вод (УГВ от –15 до +10 см в период межени). В данных условиях в живом напочвенном покрове доминирует *Eriophorum vaginatum* (проективное покрытие до 90%), реже встречаются *Rhododendron tomentosum* (до 2%), *Vaccinium uliginosum* (до 1%), *Andromeda polifolia* (до 1%). Также важно отметить появление мохообразных *Sphagnum fuscum* и *Sph. fallax* (до 15% каждый). Голый торф занимает всего 4%, отмечается сплошное выпадение деревьев березы (*Betula pubescens* и *B. pendula*), что свидетельствует о восстановлении болота.

В западной части (квартал 29) выработанного торфяника все также доминирует голый торф (до 70%), встречаются *Calluna vulgaris* (до 30%), *Eriophorum vaginatum* (до 20%). УГВ нестабилен (от –70 см в августе до –12 см в весенне-зимний период). Это свидетельствует о недостаточности мероприятий по повторному обводнению данной территории. Разница в эффективности повторного заболачивания объясняется тем, что, во-первых, западная часть осушенного торфяника в среднем на метр выше по рельефу, во-вторых, она примыкает к озеру, выполняющего естественный дренаж. Поэтому, для повышения эффективности болотообразовательного процесса в западной части торфяника рекомендуется сделать дамбы и дополнительные перемычки на каналах.

Сравнительный анализ ценофлор ключевого участка на юге Большеземельской тундры Comparative analysis of coenofloras of the key site in the southern part of the Bolshezemelskaya Tundra

Котлярчук Е.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ekotlyarchuk@binran.ru

Флористическая классификация (Браун-Бланке) 81 геоботанического описания позволила установить принадлежность сообществ к 10 классам: зональная тундровая кустарничково-моховая растительность *Carici arctisibiricae*—*Hylocomietea alaskani* (CHY), кустарничково-лишайниковая на песчаных субстратах *Loiseleurio procumbentis*—*Vaccinietea* (LOI), интразональная кустарниковая *Salicetea purpureae* (PUR), *Betulo carpaticae*—*Alnetea viridis* (VIR) и луговая *Molinio*—*Arrhenatheretea* (MOL), еловые и березовые редколесья в благоприятных местообитаниях *Vaccinio*—*Piceetea* (PIC), торфяные бугры комплексных болот *Охусосо*—*Sphagnetetea* (OXY), низинные болота *Scheuchzerio palustris*—*Caricetea nigrae* (SCH), прибрежно-водная растительность *Littorelletea uniflorae* (LIT), *Phragmito*—*Magnocaricetea* (PHR).

Выполнен географический, экологический, биоморфологический анализ ценофлор всех классов. В ценофлорах многих классов преобладают виды циркумполярной фракции (50–100%). Но в классах PUR, VIR, MOL выше доля европейских видов (33–35%). В классах CHY, LOI, OXY преобладают виды арктической и гипоарктической фракций (57–64%), в классах PIC, PUR, VIR, MOL — бореальной (63–78%). Ценофлоры большинства наземных классов сложены преимущественно мезофитами (67–89%). В классах OXY, SCH, PHR выше доля гигрофитов (59–94%). Специфика классов PHR и LIT —наличие гидрофитов (5% и 50%), а MOL и LOI — мезоксерофитов (1% и 6%).

В ценофлорах тундровых классов CHY и LOI и болотного OXY выше доля лишайников (43–56%) и мхов (13–29%) по сравнению с другими, где преобладают травы (37–81%). В классах PIC, PUR, VIR, MOL выявлено наибольшее разнообразие форм травянистых растений при общем для всех классов преобладании длиннокорневищных видов. Анализ ценофлор продемонстрировал особенности экологических условий местообитаний сообществ разных классов и адаптаций к ним растений за счет их жизненных форм, закономерности распространения геоэлементов в пределах территории, пути проникновения видов южных широтных групп на север (по долинам рек).

Закономерности пространственной структуры растительности приморских маршей восточноевропейских тундр

Patterns of vegetation spatial structure of coastal marshes in the Eastern European tundra

Лапина А.М.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

alapina@binran.ru

Экологические шкалы — важный инструмент для оценки условий местообитаний растительности. Для отдельных регионов разработан ряд экологических шкал, однако фактор засоленности представлен в них редко, а виды, распространенные на соленых и солоноватых маршах арктического региона, в этих шкалах практически не представлены. В работе использованы 39 полных геоботанических описаний, выполненные на побережье Колокольной губы. На площадках выполнены измерения электропроводности поверхностных вод и почвенной вытяжки. Описанные сообщества отнесены к девяти ассоциациям приморской и тундровой растительности.

Наибольшая степень влияния соленых морских вод характерна для маршей низкого уровня, которые заливаются соленой водой в каждый прилив. Сообщества этой категории относятся к ассоциациям *Puccinellietum phryganodes* (с субасс. *inops* и *caricetosum subspathaceae*), *Caricetum subspathaceae* (субасс. *inops* и *arctanthemetosum hultenii*). Сообщества этих синтаксонов бедны видами и сложены исключительно облигатными галофитами: *Puccinellia phryganodes*, *Carex subspathacea*, а также *Arctanthema hultenii*, *Plantago shrenkii* и *Potentilla egedii*. Средние значения электропроводности для этих сообществ, ожидаемо, наиболее высокие среди всех изученных: 1058–1648 мкСм.

К среднему уровню маршей приурочены галофиты *Carex glareosa*, *C. mackenziei*, *Calamagrostis deschampsoides*, которые формируют более сомкнутые сообщества асс. *Caricetum mackenziei* и асс. *Caricetum glareosa*, которые подвержены уже меньшему влиянию морских вод: средняя электропроводность 722–927 мкСм. Сообщества с высоким обилием гликофита *Festuca richardsonii* маркируют значимое снижение засоленности почв: в сообществах асс. *Caricetum glareosa* субасс. *festucetosum rubrae* электропроводность почв составляла в среднем всего 353 мкСм. Близкое значение электропроводности (327 мкСм) отмечено для асс. *Parnassio palustris*—*Salicetum reptantis*, характерные виды которой — факультативные галофиты *Salix reptans* и *Rhodiola rosea*.

Синтаксоны хвойно-широколиственных лесов с *Abies holophylla* на Дальнем Востоке России

Syntaxa of mixed forests with *Abies holophylla* in the Russian Far East

Лисицына А.Д., Дзизюрова В.Д.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

asya.foxi@yandex.ru

Чернопихтово-кедрово-широколиственные леса (ЧКШЛ) — это южный вариант зональных кедрово-широколиственных лесов Маньчжурской природной зоны с пихтой цельнолистной, или черной (*Abies holophylla*). Существующая классификационная схема ЧКШЛ опиралась на локальные исследования, а основное разнообразие этих сообществ на Дальнем Востоке России, как и на всем ареале, оставалось недостаточно изученным. Цель исследования: выполнить классификацию ЧКШЛ в рамках подхода Браун-Бланке. Источником данных послужили собственные геоботанические описания, выполненные в 2019–2023 гг., а также данные, предоставленные д.б.н. П.В. Крестовым, ранее опубликованные и архивные данные. На основе базы данных, включающей 257 геоботанических описаний ЧКШЛ была выполнена классификация по методологии Браун-Бланке в программе JUICE с применением алгоритма TWINSPAN. Затем результаты были верифицированы и уточнены сортировкой вручную.

Итоговая классификация ЧКШЛ России представлена четырьмя ассоциациями: *Rhododendro mucronulati*—*Betuletum schmidtii* Petrunenko et Dzizurova 2024, *Onocleo struthiopteridis*—*Juglandetum mandshuricae* Petrunenko et Dzizurova 2024 nom. mutat. nov., *Quercu mongolicae*—*Abietetum holophyllae* Kim ex Krestov, Dzizurova et Korznikov 2023, *Mitello nudae*—*Abietetum holophyllae* ass. nov. prov. и четырьмя субассоциациями, входящими в союз *Carpino cordatae*—*Abietion holophyllae* Krestov et al., 2023. Обоснованы признаки синтаксономических единиц на основе проведенного сравнительного анализа ассоциаций ЧКШЛ с другими ассоциациями класса *Quercetea mongolicae*.

Прирост надземной фитомассы болотных сообществ поймы Оби в многоводный год (окрестности Сургута)

Aboveground productivity of mire communities by the Ob floodplain in a high-water year (Surgut city)

Масловская О.В., Тюрин В.Н.

Сургутский государственный университет, Россия

olya.maslovskaya21@gmail.com

Исследование выполнено в 2024 г. на 780-метровом профиле, пролегающем от понижения к границе поймы Оби. В сторону повышения отмечены семь сообществ: осоковое (*Carex aquatilis*) — пробные площадки (ПП) G0 и G1, сабельниково-осоковое (*Carex aquatilis*, *Comarum palustre*) — G2 и G3, ивняковое (*Salix lapponum*, *Carex aquatilis*) — G5, березово-осоково-сфагновое (*Betula pubescens*, *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*) — G4, вахтово-осоково-сфагновое (*Menyanthes trifoliata*, те же осоки) — G7, вахтово-кустарничково-сфагновое (*Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*) — G6, кустарничково-сфагновое (те же виды) — G9 и G8.

Максимальный прирост надземной фитомассы (НФМ) оценивался в августе–сентябре. Фитомасса собиралась с квадратов 40×40 см. Для кустарников и кустарничков учитывались годовичные побеги и листья, для трав — вся НФМ. Для деревьев была определена зеленая масса — по опавшим листьям, собранным в октябре.

Результаты показали смещение максимума прироста НФМ к границе поймы: наиболее продуктивным оказалось сообщество на ПП G6 (189 г/м²), затопленное на 12 см. К понижению прирост НФМ закономерно снижался: G7 — 161 г/м² (затопление 48 см), G4 — 160 г/м² (69 см), G5 — 111 г/м² (77 см), G3 — 120 г/м² (103 см), G2 — 111 г/м² (140 см), G1 — 107 г/м² (224 см), G0 — 118 г/м² (310 см). Характерно также снижение продуктивности за границей затопления.

Таким образом, оптимальными в многоводный год (выше среднего уровня за 20 лет на 95 см) оказались условия продуцирования фитомассы на участке с минимальным затоплением, не препятствующим развитию растений, но при этом способствующим снижению кислотности болотных вод (увеличение pH с 4,3 до 5,2 ед.).

Растительность речных долин Большеземельской тундры

Vegetation of the river valleys of the Bolshezemelskaya tundra

Нешатаев В.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

xssa@mail.ru

Речные долины тундровой зоны отличаются своеобразным микроклиматом и более высоким уровнем биоразнообразия. Особый интерес представляет изучение видового и синтаксономического состава растительности в зависимости от геоморфологических особенностей долин и экологических факторов.

Исследования проведены в полевые периоды с июля по август в 2016–2021 гг. в западной части Большеземельской тундры в долинах рек: Хыльчую, Бол. Двойничная, Бол. Хэхэганьяха, Куя, Северная, Шапкина и их притоков. На основе более 200 описаний изучено флористическое и ценотическое разнообразие и распределение растительности вдоль 23 поперечных профилей долин. Для профилей указаны местоположение, экспозиция, длина профиля, перепад высот, состав геоморфологических элементов. Подготовлены список видов и продромус растительности долин, описано распределение синтаксонов по профилям, составлены крупномасштабные карты (1 : 5 000) растительности долин рр. Бол. Двойничная и Бол. Хэхэганьяха.

Общее богатство флор составило 205 видов сосудистых растений из 124 родов и 43 семейств. Методами сравнительной флористики и статистических методов изучены соотношения и экологические взаимосвязи парциальных флор разных долин. Флоры сохраняют зональную и региональную специфику, при повышенной доле бореальных фракций и поликарпических трав по сравнению с региональной флорой. Ценотическое разнообразие представлено: 10 классами, 13 порядками, 17 союзами, 19 ассоциациями, 11 субассоциациями, 10 вариантами, 10 фациями, 11 типами сообществ и 15 сообществами.

При картографировании растительности участков речных долин для отображения ее структуры в легенде используются типологические и территориальные единицы, гомогенные представлены сообществами отдельных синтаксонов, гетерогенные — комбинациями двух и большего числа синтаксонов в пределах геоботанического контура. Легенда карт каждого из участков включает до 30 картируемых единиц, их условные обозначения, индексы, синтаксономический состав и особенности структуры.

Изменение синузальной структуры сосновых лесов в связи с антропогенной нагрузкой в районе поселка Каннельярви (Выборгский район, Ленинградская область)Changes in the sinusial structure of pine forests due to anthropogenic load
in the area of the village of Kannelyarvi (Vyborg district, Leningrad region)

Никulina А.И., Панкратова И.В.

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

alexandra.nikulina06@gmail.com

Растительные сообщества трансформируются под воздействием различных факторов, в том числе и человека. Изменения происходят в разных типах лесов, затрагивая их видовую и пространственную структуру, важным элементом которой является синузия. В связи с этим по характеру ее изменений в зависимости от антропогенной нагрузки можно судить о влиянии на все растительное сообщество. Комплексных исследований по данному вопросу в вышеназванном районе не проводилось. Нами был описан экологический ряд из чернично-зеленомошных сосняков с разной антропогенной нагрузкой и карьер с восстанавливающимся сосняком. В этом ряду нами были зафиксированы изменения структуры сообществ методом картирования вертикальных и горизонтальных проекций травяно-кустарничкового яруса. Результаты работы показали, что с увеличением воздействия человека крупные по площади синузии становятся мелкими и разрозненными, уменьшается высота травяно-кустарничкового яруса и увеличивается доля мертвопокровной части. Так, в ненарушенном сосняке-черничнике доля черники, преобладающей в синузиях достигает 34,1% от общей пробной площади, максимальная высота черники составляет 35 см. С нарастанием антропогенной нагрузки доля участия черники в синузиях уменьшается и достигает 2,4% от общей площади, её максимальная высота снижается до 25 см. Таким образом, увеличение воздействия человека приводит к деструкции сообщества, его устойчивости.

Пространственное моделирование потенциальных ареалов индикаторных видов растений на примере Московского региона с учётом климатических показателей

Spatial modeling of potential ranges of indicator plant species on the example of the Moscow region considering climatic parameters

Новиков А.С.¹, Котлов И.П.², Черненко Т.В.¹

¹Институт географии РАН, Москва, Россия;

²Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия
nowicko.alexander2013@yandex.ru

Выявление закономерностей формирования ареалов растений с учетом факторов внешней среды является фундаментальной проблемой. Наличие зональных рубежей в пределах исследуемой территории дает возможность выявить сдвиг ареалов видов растений при разных сценариях изменения климата. Цель работы — моделирование пространственного распространения индикаторных видов растений в Московском регионе в зависимости от климатических показателей.

На основе ранее разработанной эколого-фитоценотической классификации в составе хвойных и широколиственных лесов выделены две контрастные группы сообществ, характеризующие состав зональных лесов бореального и неморального типа. Индикаторные виды (*Vaccinium myrtillus* и *Corylus avellana*) выделены по методу *IndVal*. При проведении анализа использовался метод максимальной энтропии на базе программы *Maxent*, широко применяемый в современных исследованиях при моделировании географического распространения живых организмов. Полученные прогнозные карты потенциального распространения видов растений продемонстрировали различный отклик на возможные климатические изменения.

Основная часть этого исследования по обработке и анализу данных была проведена в рамках проекта Российского научного фонда (РНФ) (№ 24-17-00120). Сбор полевых данных проводился при поддержке государственного исследовательского задания (FMWS-2024-0007 № 1021051703468-8) Института географии РАН.

Динамика доминирующих пород в елово-широколиственных лесах Центрально-Лесного заповедника

The dynamics of dominant tree species in the spruce-broadleaf forests of the Central Forest Reserve

Новикова О.А., Мирин Д.М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
novikolga.1999@gmail.com

Центрально-Лесной заповедник (Тверская обл.) расположен в южно-таежной подзоне, на границе с елово-широколиственными лесами, и представляет собой эталон первичных экосистем. Объект исследования — елово-широколиственные леса. Материал собран с 22.06 по 02.07 2024 г. Проведены повторные геоботанические описания на восьми пробных площадях (ПП) 20×20 м, заложенных в 2011 г. Проанализирована динамика древостоя с учетом абсолютных значений сумм площадей сечения, их доли по породам относительно сумм площадей сечения в древостое (далее, доли). Цель — выявление закономерностей в динамике древостоев, с акцентом на взаимосвязи ели и широколиственных пород.

Увеличение доли *Picea abies* наблюдается там, где происходит значительный отпад широколиственных пород (*Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*). Рост доли ели обусловлен не её приростом, а уменьшением доли других пород. Такая динамика характерна для трех сообществ. Увеличение доли широколиственных пород связано с распадом старовозрастных елей или других доминантов (*Populus tremula*), а не является следствием собственного прироста. Такие изменения установлены также в трех сообществах. Для двух ПП характерно сокращение абсолютных значений сумм площадей сечения ели и их доли в то время, как наблюдается сокращение того же показателя для широколиственных. Так, наблюдается три основных типа динамики в древостое исследуемых сообществ. Распад широколиственных пород способствует увеличению доли в древостое ели, и наоборот, что характерно для большинства ПП. На всех ПП фиксируется снижение суммы площадей сечения деревьев в диапазоне от 1,5 до 3,5 раз, что указывает на деградацию или перестройку лесов.

Взаимосвязь растительных сообществ с условиями среды (на примере лесных массивов Курортного района Санкт-Петербурга)

Correlation between plant communities and environmental conditions (using the example of forest areas in Kurortny district, St. Petersburg)

Озерова С.Д.

Ботанический институт В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

svetluna96@gmail.com

Проведено исследование взаимосвязи типов растительных сообществ с условиями среды (экотопами) на основе крупномасштабных карт растительности и ландшафтов на примере семи территорий, расположенных в северной части города. Здесь сохранились большие площади относительно ненарушенных таежных ландшафтов. Под экотопом рассматривается комплекс абиотических условий, включающий: рельеф, четвертичные отложения и их генезис, режим увлажнения и почвы. Для каждой территории составлены диаграммы распределения площадей типов растительных сообществ по экотопам, и с помощью энтропии Шеннона проанализирована степень зависимости растительности от условий среды.

На территориях, расположенных на низкой террасе вдоль Финского залива и сложенных морскими отложениями, наблюдается большое разнообразие типов растительных сообществ и слабая их приуроченность к экотопам. Четкая связь между абиотическими условиями среды и растительностью — когда одному экотопу соответствует один тип сообщества — наблюдается лишь в 5% случаев.

Для лесов, произрастающих на верхней террасе, сложенной озерно-ледниковыми отложениями, прослеживается четкая зависимость между растительностью и условиями ее произрастания: в 15% случаев экотопам характерен один тип растительного сообщества, и значения энтропии гораздо ниже, чем на приморских территориях. Разнообразие типов сообществ на морской террасе отражает пестроту экотопических условий, обусловленных неоднородностью четвертичных отложений и различиями в микро- и мезорельефе.

Особенности роста деревьев *Picea jezoensis* на северной границе ареала (полуостров Камчатка)

Growth pattern of *Picea jezoensis* at the northern limit of distribution (Kamchatka Peninsula)

Петренко Т.Я.^{1,2}, Замуруева В.В.¹, Дзизюрова В.Д.^{1,2}, Дудов С.В.^{1,2}

¹Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия;

²Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, Россия

petrenkotya@gmail.com

Picea jezoensis — вид, широко распространенный на территории Северо-Восточной Азии. Северная граница его распространения проходит на п-ове Камчатка, где деревья образуют монодоминантные сообщества. Цель работы — выявить особенности роста деревьев *P. jezoensis* и процесс их выхода в полог.

Характер роста *P. jezoensis* изучен на основе ширины годичных колец деревьев. Керны взяты с деревьев на высоте 40–50 см от поверхности земли. Всего в анализе использовано 138 образцов. Ширина годичных колец измерена с точностью до 0.01 мм, выполнена перекрестная датировка. Периоды резкого увеличения радиального прироста выявлены согласно методике Новаки и Абрамса с минимальным порогом изменения роста 50% не менее семи лет подряд, расстояние между отдельными периодами ускорения не менее 10 лет. Периоды угнетения считались, когда прирост у деревьев не превышал 0.23 мм в год (1 квартиль значений прироста).

Возраст деревьев от 46 до 302, в среднем 143 года. В течение жизни у деревьев происходит от 0 до 4 резких увеличений радиального прироста, у 64% деревьев 1–2 таких периода. Для большей части особей характерен замедленный прирост в первые годы жизни. 20% деревьев, наоборот, имеют широкий прирост с последующим резким снижением или сохранением быстрого темпа роста, что говорит о возобновлении этих деревьев в световых окнах. 50% деревьев за всю жизнь не испытывали продолжительные периоды угнетения (более 10 лет). Отдельные деревья *P. jezoensis* способны длительное время расти в угнетенном состоянии, максимальная продолжительность угнетения — 90 лет.

Растительный покров скальных обнажений горнотундрового пояса заповедника «Вишерский» (Северный Урал)

Vegetation cover of the rocks in the mountain tundra of Vishersky Nature Reserve (The Northern Urals)

Печенкина К.О.^{1,2}, Селиванова А.Е.¹

¹Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, Пермь, Россия;

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

pechenkina.ksusha@yandex.ru

Заповедник «Вишерский» находится в южной части западного макросклона Северного Урала. Цель нашей работы — изучение формирования растительных сообществ скальных обнажений в горнотундровом поясе. В ходе работы было проведено 760 геоботанических описаний скальных выходов. Сообщества характеризуются тем, что не формируется сомкнутый покров из сосудистых растений, а доминантами являются лишайники и мохообразные.

В ходе работы было выявлено 56 видов сосудистых растений, 78 видов мохообразных и 182 вида лишайников. Максимального проективного покрытия сосудистые растения достигают на пологих площадках южной и западной экспозиции, мохообразные достигают на площадках северной и северо-восточной экспозиции и на площадках с небольшим уклоном. На большей части площадок доминируют лишайники. Анализ факторов, влияющих на формирование сообществ показал влияние уклона поверхности скалы, экспозиции и вида горных пород.

Изучены три основных типа местообитаний: щебнистые курумники, крупнокаменистые курумники с преобладанием *Rizocarpon geographicum* и *Rhizocarpon alpicola* (на высотах выше 1050 м), корково-листоватые лишайниковые сообщества на скальных останцах. Были описаны пять ассоциаций, один тип сообществ, в четырех союзах, четырех порядках и четырех классах.

Анализ растительного покрова на частично осушаемых землях

Analysis of vegetation cover on partially drained lands

Подольян Е.А., Пугачева Л.В.

ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва, Россия

podolian.ea@yandex.ru

Значительная часть осушенных во второй половине XX в. заболоченных территорий в настоящее время не используются в сельскохозяйственном производстве, в следствие чего, из-за отсутствия необходимых мелиоративных мероприятий по их обслуживанию, наблюдается развитие деградационных процессов.

Изучаемый участок осушенных ранее земель сельскохозяйственного назначения, находящийся в ведении Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель (Тверская область), использовался в качестве сенокоса и пастбища до 2000-х гг. Система мелиорации к настоящему времени частично разрушена, что привело к подтоплению и заболачиванию.

Геоботанические описания, проведенные в 2024 г., установили формирование фитоценозов смешанного типа. На участках с избыточным увлажнением и преобладанием *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., встречаются типичные для сухих лугов виды (*Poa pratensis* L., *Agrostis capillaris* L., *Geranium pratense* L., *Centaurea jacea* L.). В местах, где отсутствует или незначительное переувлажнение, зафиксированы виды сырых мест обитания (*Carex flava* L., *Carex nigra* (L.) Reichard, *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin., *Phalaris arundinacea* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.). В ряде фитоценозов в большей или меньшей степени наблюдается участие сорно-рудеральных видов — *Urtica dioica* L., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Sonchus arvensis* L., *Artemisia vulgaris* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Aegopodium podagraria* L., *Barbarea vulgaris* R. Br. В экосистемах суходольного луга обнаружены такие адвентивные виды, как *Beckmannia eruciformis* (L.) Host, *Heracleum sosnowskyi* Manden. и *Bunias orientalis* L., но их доля в составе растительности крайне мала.

**Функциональные признаки листьев (содержание С, N, P) растений субальпийских
вейниковых лугов Северо-Западного Кавказа**

Leaf functional traits (C, N, P content) of plants in subalpine *Calamagrostis* meadows
of the North-Western Caucasus

Полошевец Т.В.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина – обособленное подразделение
ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, Россия
t.poloshevets@ksc.ru

Изучение функциональных признаков и стратегий растений — магистральное направление изучения механизмов формирования состава и структуры растительных сообществ. Функциональные признаки растений, такие как содержание углерода (C), азота (N) и фосфора (P) в листьях, а также их соотношения играют важную роль в адаптации растений к окружающей среде. Кавказ является областью высокого биоразнообразия и эндемизма, в частности, Тебердинский национальный парк обладает богатой флорой, поэтому эта территория представляет большой интерес для изучения. Целью настоящей работы было изучить роль таких функциональных признаков листьев как содержание углерода, азота и фосфора и сопоставить их с другими признаками, а также провести анализ функционального разнообразия наиболее распространенных на Северо-Западном Кавказе естественных субальпийских вейниковых лугов.

Доминанты сообщества содержали значительно меньше N и P, чем компоненты и случайные, что говорит о важности этих элементов в формировании сообществ. При этом у доминантов была больше выражена стресс-толерантная стратегия. Содержанием азота и воды были положительно скоррелированы. Эти признаки были характерны для растений рудеральной стратегии. Стресс-толерантная стратегия положительно коррелировала с содержанием сухого вещества в листе. Эта стратегия была характерна для злаков. Конкурентная стратегия имела положительную корреляцию с размерными признаками растения. Соотношение N:P ($8,5 \pm 0,3$) было низким, что говорит о лимитировании продукции сообщества по азоту.

**Синтаксономическая структура рудеральных сообществ залежей Полоцкого района
(Республика Беларусь)**

Syntaxonomic structure of ruderal communities of abandoned lands in Polotsk region (Republic of Belarus)

Романюк А.С.^{1,2}, Куликова Е.Я.^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь;

²Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси,

Минск, Республика Беларусь

a1i.romanyuk@yandex.ru

С использованием эколого-флористического метода выполнена классификация рудеральных сообществ залежных земель Полоцкого района Беларуси. На основе 88 геоботанических описаний, выполненных в полевой период 2019 г., разработан продромус исследуемой растительности. Синтаксономическая структура рудеральных сообществ залежей Полоцкого района представлена девятью ассоциациями и одним безранговым сообществом, которые относятся к четырем союзам, четырем порядкам и трем классам:

Класс *Sisymbrietea* Gutte et Hilbig 1975

Порядок *Sisymbrietalia sophiae* J. Tx. ex Görs 1966

Союз *Atriplicion* Passarge 1978

Ассоциация (Acc.). *Chenopodietum albi* Solomeshch in Ishbirdin et al. 1988

Класс *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. in Tx. ex von Rochow 1951

Порядок *Onopordetalia acanthii* Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadač 1944

Союз *Dauco–Melilotion* Görs ex Rostański et Gutte 1971

Acc. *Melilotetum albo-officinalis* Sissingh 1950

Порядок *Agropyretalia intermedio-repentis* T. Müller et Görs 1969

Союз *Convolvulo arvensis–Agropyron repentis* Görs 1967

Acc. *Dactylido glomeratae–Lupinetum polyphyllis* Bulokhov et al. 2020

Acc. *Calamagrostidetum epigeios* (Elias 1978) Kost. 1991

Acc. *Convolvulo arvensis–Elytrigietum repentis* Felföldy 1943

Acc. *Elytrigio repentis–Cirsietum arvensis* Prunier et Guenat in Prunier et al. 2018

Класс *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951

Порядок *Circaeo lutetianae–Stachyetalia sylvaticae* Passarge 1967 nom. conserv. propos.

Союз *Aegopodion podagrariae* Tx. 1967 nom. conserv. propos.

Асс. *Elytrigio repentis*–*Aegopodietum podagrariae* Tüxen 1967
 Асс. *Urtico dioicae*–*Heracleetum sosnowskyi* Panasenکو et al. 2014
 Вариант *Conyza canadensis*
 Асс. *Chaerophylletum aromatici* Neuhauslová-Novotná et al. 1969
 Сообщество *Angelica sylvestris* [*Epilobietea angustifolii* / *Alno glutinosae*–*Populetea albae*]

Как пионерные растения изменяют микроместообитания в первичных вулканогенных экотопах Камчатки: новые представления

How pioneer plants alter microhabitats: insights from Kamchatka primary volcanic habitats study

Сандалова Е.В.¹, Кораблёв А.П.², Арапов К.А.^{2,3}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
 cataphyll@list.ru

Трансформация среды обитания растениями во многом определяет дальнейшую траекторию развития экосистемы. Цель данной работы — установление степени преобразования абиотических условий первичного вулканогенного экотопа пионерными растениями и оценка их влияния на обилие и разнообразие микромицетов в корнеобитаемом горизонте формирующихся почв. Полевые исследования проведены в 2023–2024 гг. на территории вулканического плато Толбачинский дол, на шлаковом поле извержения 1975–1976 гг. на высоте 700 м н.у.м. Изучение характеристик микроместообитаний проводили на трёх модельных видах пионерных многолетних трав — длиннокорневищном рыхлодерновинном *Leymus ajanensis* и плотнодерновинных стержнекорневых с подушковидной формой роста *Smelowskia parryoides* и *Saxifraga bronchialis* subsp. *funstonii*.

Наблюдаемые в нашем исследовании закономерности трансформации пионерными растениями субстратов отличаются от традиционных представлений. Микроклиматические характеристики корнеобитаемого слоя примитивных почв под куртинами растений близки к характеристикам незаселенного субстрата. Присутствие растения почти не влияет на температурный режим, влажность и влагоемкость корнеобитаемого слоя первичной почвы — было отмечено только небольшое снижение суточной амплитуды температур для куртин *L. ajanensis*. Подушковидные формы существенно преобразовывают физико-химические свойства примитивных почв, стабилизируя мелкозем, увеличивая содержание органического вещества и доступных форм макроэлементов. Тем не менее это не приводит к увеличению биомассы и разнообразия микромицетов в корнеобитаемом слое по сравнению с контрольными участками. Наиболее сильно трансформирует физико-химические свойства шлакового субстрата быстрорастущая *Smelowskia*. Она также снижает таксономическое разнообразие и обилие микромицетов, так как прижизненные выделения и продукты разложения её отмерших органов подавляют развитие грибов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00650.

Еловые сообщества на северной границе ареала в Большеземельской тундре

Siberian spruce communities in the Bolshezemelskaya tundra

Симонова К.И.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ksimonova@binran.ru

Изучение еловых сообществ проведено на западе Большеземельской тундры в бассейнах рек Лаи и Ортины в пределах полосы северной лесотундры и подзоны южных тундр. На границе ареала состав и структура фитоценозов с участием *Picea obovata* определяются условиями произрастания: положением в рельефе, экспозицией, защищённостью от ветра и доступностью влаги.

Описаны площадки с участием *Picea obovata* в речной долине, на склоне водораздельной террасы, а также реликтовый островной ельник на песчаном обнажении. На каждой площадке ель — доминирующий вид в древостое. Сообщества в речной долине граничат с луговым сообществом с участием ивы и характеризуются наличием бореальных видов, таких как *Linnaea borealis*, *Moneses uniflora*, *Pyrola grandiflora*, *Orthilia secunda*, *Rhytidadelphus triquetrus*. Также отмечены луговые виды. Эдификаторные свойства ели ярко выражены. Сомкнутость составила 0,3–0,7. Диаметр и высота деревьев максимальны — до 28–45 см и до 9–15 м соответственно.

На склоне террасы водораздела ель граничит с плоскобугристым болотом с одной стороны и с сомкнутым ивняком — с другой. Влияние ели на видовой состав растительности под пологом менее

выражено. Выявлено обилие кустарников и кустарничков (*Salix* spp., *Betula nana*, *Ledum palustre*), покрытие которых достигает 70%. Древостой разрежен (сомкнутость 0,2–0,3). Диаметр и высота деревьев значительно меньше — до 16–25 см и до 5–7 м соответственно.

Реликтовые ельники — небольшие массивы на песчаных обнажениях водораздельных террас, хорошо дренированы, в формировании напочвенного яруса активно участвуют мхи и лишайники (*Polytrichum strictum*, *Hylocomium splendens*, *Cetraria islandica*, *Cladonia* spp.), а также *Vaccinium vitis-idaea*, *Festuca ovina*. Влияние ели на состав сообщества под пологом значительно. Ельники отличаются высокой сомкнутостью (0,6–0,8) древостоя вследствие вегетативного размножения *Picea obovata*. Максимальные диаметр и высота деревьев составляют до 34–36 см и до 3,5–5 м соответственно.

Лимитируют ли почвенные ресурсы семенное размножение альпийских растений?

Do soil resources limit seed propagation of alpine plants?

Софронов Ю.В., Елумеева Т.Г.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

sofronovyuriy163@gmail.com

Элементы минерального питания (ЭМП) часто рассматриваются как важные факторы, лимитирующие приспособленность видов через их семенную продукцию. Однако многочисленные эксперименты по влиянию на семенное размножение растений обогащения почвы отдельными ресурсами дают противоречивые результаты и обычно непродолжительны. В настоящей работе мы поставили цель изучить реакцию генеративной сферы (численность генеративных побегов — ЧГП) альпийских растений на долговременное (26 лет) внесение ЭМП и оценить применимость принципа Либиха к природному растительному сообществу. В эксперименте снимали потенциальное лимитирование продукции генеративных побегов отдельными почвенными ресурсами (N, P, Ca, вода) и их комбинацией (NP) на примере альпийской лишайниковой пустоши (АЛП) на северо-западном Кавказе. Недостаток ЭМП не лимитировал семенное размножение растений АЛП в целом: сумма генеративных побегов всех видов в ходе эксперимента не увеличивается, а при внесении фосфора и поливе — уменьшается. Длительное внесение азота, фосфора и их обоих снижало разнообразие видов, образующих генеративные побеги в АЛП. Кальций — единственный из всех изученных ЭМП, вызвавший исключительно увеличение ЧГП отдельных видов за все время проведения эксперимента и спровоцировавший общее увеличение ЧГП за краткосрочный период. Реакция отдельных видов была индивидуальна. ЧГП *Trifolium polyphyllum* (неазотфиксирующее бобовое растение) увеличилась на варианте с внесением азота, что противоречит типичной реакции бобовых растений на азотные удобрения. Реакция около половины видов АЛП подчиняется правилу Либиха (положительная реакция только на один из раздельно вносимых ЭМП); в то время как остальные виды не показали положительного отклика при внесении отдельных ЭМП, что говорит о том, что их ЧГП не лимитируется изученными ресурсами. Только в одном случае (*Carex umbrosa*) вид положительно реагировал при внесении как азота, так и фосфора.

Разнообразие растительных сообществ в экотоне горная тундра – лес на вершинах Южного Урала

The diversity of plant communities within treeline ecotone in South Ural Mountains

Терентьева М.В., Громова О.А., Григорьев А.А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

terenteva_mv@ipae.uran.ru

Целью данной работы является оценка показателей биоразнообразия и эколого-ценотической структуры растительных сообществ с разной долей участия деревьев и кустарников.

Нами было выполнено 60 геоботанических описаний на трех вершинах Южного Урала: г. Большой Ирмель, г. Дальний Таганай, г. Поперечная. Площадки были распределены вдоль экотона. В горной тундре доля участия кустарников в среднем составляла 10%. В верхней части экотона деревья и кустарники в среднем занимали 5% и 20% соответственно. В нижней части экотона деревья и кустарники в среднем занимали 25% и 15% соответственно. В лесу доля участия деревьев в среднем составляла 50%.

Установлено увеличение α -разнообразия травяно-кустарничкового яруса при переходе к лесным сообществам. Отмечается слабая положительная корреляционная связь ($r = 0,30$) между Индексом Шеннона и проективным покрытием деревьев. Результаты оценки β -разнообразия указывают на отличие в распределении растительности для каждой вершины.

При переходе от горно-тундровых сообществ к лесным происходит изменение эколого-ценотической структуры. Это подтверждается корреляционными связями проективного покрытия деревьев с долями участия лесных ($r = 0,68$), луговых ($r = 0,62$) и высокогорных ($r = -0,75$) видов. При

увеличении проективного покрытия деревьев мы отмечаем снижение доли участия психрофитов ($r = -0,74$) и рост доли участия мезофитов ($r = 0,80$). Для проективного покрытия кустарников нами отмечена корреляционная связь только с группой гигрофитов ($r = 0,60$). Увеличение проективного покрытия кустарников приводит к росту доли участия гигрофитов. Таким образом, в результате развития древостоя происходит увеличение биоразнообразия растительных сообществ.

Динамика зарастания луга древесной растительностью на научно-опытной станции БИН РАН «Отрадное» (Ленинградская область)

Study of meadow overgrowth dynamics at the Otradnoye research station
of the Komarov Botanical institute, RAS (Leningrad region)

Хомякова В.А.^{1,2}, Арапов К.А.^{1,3}, Кораблёв А.П.¹, Созинов О.В.⁴, Щукина К.В.¹,
Нешатаев М.В.¹, Хмарик А.Г.^{1,5}

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия;

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

⁴Гродненский государственный университет, Гродно, Республика Беларусь;

⁵Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия
vkhomiakova@binran.ru

Научно-опытная станция «Отрадное» БИН РАН расположена на Карельском перешейке на п-ове оз. Отрадное (Ленинградская обл.). На месте современной станции располагались финские усадьбы с сельхозугодьями, входящие в состав д. Ларьява (фин. Larjava), известной с XVI в. Территория была передана БИН АН СССР в 1946 г. С 1955 г. по 1970-е гг. здесь проводились луговые эксперименты под руководством А.П. Шенникова. В настоящее время на территории станции сохранилось несколько лугов, окруженных лесом. С 2018 г. сотрудниками лаборатории общей геоботаники БИН РАН проводятся стационарные исследования луговой растительности. Цель работы — изучение динамики зарастания лугов на территории НОС «Отрадное». Задача исследования — воссоздать историю зарастания модельного луга. В качестве модельного мы выбрали луг площадью 4,6 га в Ю-В части п-ова. Пользуясь спутниковым снимком Google Maps 2022 г., мы визуальным образом выделили 34 контура лесных фитоценозов, окружающих луг (средняя площадь 0,08 га). В ходе полевых работ у деревьев максимального и среднего возраста из каждого контура нами отобрано минимум по два керна (всего 73 керна). По ним мы определили абсолютный возраст древостоя внутри каждого контура, что позволило восстановить хронологию зарастания луга.

В результате анализа полученных данных, установлено, что в 1948–1990 гг. площадь луга сокращалась незначительно, что связано с его хозяйственным использованием. Интенсивное зарастание луга лесом началось в 1991–92 гг. К 1996 г. площадь луга сократилась на 33% (от площади 1948 г.). Затем до 2006 г. зарастание замедлилось, что, вероятно, связано с частичным возобновлением его использования. С 2006 г. по 2016 г. луг сократил свою площадь на 17%. Так, политико-экономическая ситуация в стране, ставшая причиной изменения сельского уклада жизни, значительно повлияла на динамику «луг-лес» на исследуемой территории. С 1948 г. по 2016 г. площадь луга сократилась более чем в два раза, максимальная скорость зарастания наблюдалась в 1992–1996 гг.

Крупномасштабное картографирование озёрных местообитаний с помощью беспилотных летательных аппаратов

Large-scale mapping of lake habitats using unmanned aerial vehicles

Цывкуннова Н.В., Нешатаев В.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
tsyvkunova.nv@yandex.ru

Изучение распределения растительности озёрных местообитаний Арктики в полевых условиях с применением БПЛА на труднодоступных участках открывает широкие возможности для крупномасштабного картографирования и локализации сообществ, представляющих высокую ресурсную значимость для биоты и человека. В 2024 г. в басс. р. Шапкина (Большеземельская тундра) изучены следующие характеристики пяти термокарстовых озёр: глубина, прозрачность воды, субстрат, выполнены гидроботанические описания. С использованием аэрофотоснимков (БПЛА DJI Mavic Pro) оцифрованы зеркала озёр, вычислена их площадь и проведено картографирование биотопов.

На основе анализа снимков БПЛА и полевых описаний все озёрные местообитания разделены на две основных зоны: с открытой водой (1) и прибрежная (2). В 1-й выделены участки сообществ

укореняющихся гидрофитов, погруженных (класс *Potametea*) (1.1) и с плавающими листьями (асс. *Sparganietum hyperborei*) (1.2), а также водных мхов (асс. *Calliergonetum megalophylli*) (1.3). В прибрежной зоне отмечены гелофиты высокотравные (асс. *Equisetum fluviatilis*) (2.1) и низкотравные (асс. *Eleocharito palustris*–*Hippuridetum vulgaris*) (2.2), сплавины гидрофитов (асс. *Comaretum palustris*) (2.3) и осоковые сообщества (асс. *Caricetum aquatilis*) (2.4). На основе этой типологии подготовлены карты распределения выделенных зон для каждого озера.

В озерах с торфяно-илистым субстратом №1 (S 14750 м²) и №2 (26858 м²) выявлено наибольшее разнообразие синтаксонов: 1.2, 1.3, 2.1, 2.3, 2.4. Озеро №3 с песчано-илистым субстратом (48555 м²) отличалось наличием только синтаксонов прибрежных сообществ: 2.1, 2.2, 2.4. В озере №4 (58417 м², глубина 1,6 м, прозрачность — 1,13 м, песчано-илистый субстрат) отмечены лишь два типа сообществ: 1.2, 2.1. В озере №5 (6051 м²) отмечены только погруженные гидрофиты (1.1) и осоковые заросли (2.4). Несмотря на высокую прозрачность воды, границы сообществ погруженных гидрофитов не удалось выделить на карте с помощью аэрофотосъемки вследствие их неявного характера.

Структура лесов из сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don) в пределах разных высотных полос пояса хвойных лесов Горного Крыма

Structure of Crimean pine forests (*Pinus pallasiana* D. Don) within different altitudinal belts of Mountain Crimea conifer forest zone

Чечельницкая В.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
verachehelnitckaya@yandex.ru

В данной работе уточнены особенности распространения крымскососновых лесов по склонам Никитской яйлы южной экспозиции, и определены таксационные параметры *Pinus pallasiana*.

На разных высотах было заложено четыре пробные площади 50×10 м². На нагорном плато яйлы насаждения были разреженными, поэтому для таксации было отобрано 40 деревьев *P. pallasiana* без привязки к площади. Определялись: высота дерева, диаметр ствола, стадия онтогенеза, жизненное состояние по методике В.А. Алексеева.

Все сообщества представлены сосняками редкоразнотравными и мертвопокровными. В пределах полосы сосновых лесов с *Quercus pubescens* в подлеске (250–540 м н.у.м.) средняя высота *P. pallasiana* составила 10,2±3,7 м, ср. диаметр ствола — 27,1±14,3 см, преобладали особи второй генеративной стадии. В полосе крымскососновых лесов (540–950 м н.у.м.) ср. высота — 12,2±3,6 м, ср. диаметр — 27,5±12,9 см, преобладали особи первой генеративной стадии. В верхней части склона между 950 и 1100 м н.у.м. примешивается *Pinus sylvestris* ssp. *hamata*, а понижения заняты лесами в основном из *Quercus petraea* и *Fagus taurica*. Ср. высота деревьев *P. pallasiana* — 15,2±3,3 м, ср. диаметр — 35,4±14,5 см, преобладали особи стадии онтогенеза G1. На плато, где сосны обоих видов встречаются единично или небольшими группами, ср. высота — 9,8±3,0 м, ср. диаметр — 54,5±16,2 см, преобладали особи третьей генеративной стадии. Деревья всех высотных уровней в основном были ослаблены. При отсутствии нарушений синэкологический оптимум *P. pallasiana* — в средней части склона, а аутоэкологический — в верхней, где вид конкурирует с *P. sylvestris* ssp. *hamata*.

Анализ растительности Южно-Сахалинского грязевого вулкана по данным ДЗЗ Analysis of vegetation of the Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano based on remote sensing data

Швидская К.А., Копанина А.В.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
qetrin89@mail.ru

Динамика лесной растительности в условиях грязевых вулканов Сахалина, где одним из ведущих стрессовых факторов является засоление и состояние физиологической засухи у растений, имеет ключевое значение для оценки поведения растений в условиях климатических изменений и разработки мер адаптации к изменению климата и его последствиям при ведении хозяйственной деятельности и сохранения биоразнообразия в Российской Федерации.

Южно-Сахалинский грязевой вулкан (ЮСГВ) — крупная флюидодинамическая система юга Сахалина, формирующая локальный специфический ландшафт в зоне пихтово-еловых лесов. Динамика, закономерности формирования и развития этой специфической геосистемы во многом остаются неизвестными. Последнее крупное извержение ЮСГВ произошло в 2020 г. Нами были проанализированы разносезонные спутниковые снимки исследуемой территории за 2017–2021 гг. и данные многолетнего полевого обследования. По снимкам рассчитаны вегетационные индексы NDVI и SAVI. Выполнен анализ

погодных условий территории. По результатам работы картографированы растительные сообщества, подверженные непосредственному влиянию ЮСГВ в результате его периодической пароксизмальной и постоянной грифонно-сальзовой деятельности, установлены периоды начала и окончания вегетации для этих сообществ. Рассчитана площадь выброшенной сопочной брекчии в результате извержения 2020 г. и оценены масштабы повреждения растительного покрова ЮСГВ.

Установлено, что до крупного извержения ЮСГВ на его территории произрастало девять основных растительных сообществ, два из которых были уничтожены грязевым потоком, четыре – повреждены в разной степени. Растительность эруптивного центра ЮСГВ сформирована преимущественно луговыми видами, к северу от него лесная растительность находится под влиянием грифонно-сальзовой деятельности вулкана, и образована ивово-березово-ольховыми сообществами, к югу и к востоку произрастает разреженный пихтово-еловый лес и мелколистственный смешанный лес с преобладанием лиственницы.

Пространственно-временная динамика распределения краснокнижных видов растений в долине реки Гейзерной (Кроноцкий государственный заповедник)

Spatio-temporal dynamics of distribution of Red-listed plant species in the Geysernaya River valley (Kronotsky State Reserve)

Шитц Е.С.¹, Сафронова А.А.², Откидач М.С.³

¹Кроноцкий государственный заповедник, Елизово, Россия;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

³АО «Международный аэропорт Петропавловск-Камчатский (Елизово)», Елизово, Россия
esshits@gmail.com

Среди уникальных природных объектов на территории Кроноцкого заповедника долина реки Гейзерной характеризуется особым многообразием редких и уязвимых видов растений. На территории заповедника произрастает 65 редких и подлежащих охране сосудистых видов растений, 15 из которых зафиксированы в долине реки Гейзерной. Сосудистые растения, произрастающие в пределах геотермальных полей, являются важнейшим индикатором функционирования и динамики термальных экосистем, и от периодичности проведения геоботанических исследований в изучаемом районе зависит степень осведомленности о состоянии непосредственно самих природно-территориальных комплексов. В 2016 году были закончены многолетние работы по крупномасштабному картографированию растительности термальных полей, результаты которых вошли в Атлас долины реки Гейзерной (Завадская, Яблоков и др., 2016), после чего полевые работы по изучению флористического состава долгое время не проводились. В 2024 году работы были возобновлены, в рамках комплексного эколого-географического обследования экосистем вдоль экскурсионного маршрута «Долина Гейзеров» одной из поставленных задач было изучение современного распространения ранее зафиксированных видов растений, внесенных в Красную книгу Камчатского края, Красную книгу России и в Красный список МСОП. С помощью БПЛА была выполнена аэрофотосъемка исследуемой территории, далее было проведено полевое картографирование и фиксация распространения и единичных встреч изучаемых растений. На основании полученных данных была составлена карта распространения краснокнижных видов сосудистых растений, позволяющая выявить их пространственную динамику за период с 2017 по 2024 гг.

Сообщества засоленных местообитаний Республики Татарстан

Plant communities of saline habitats of the Republic of Tatarstan

Якубова А.Т., Кожевникова М.В.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
yacubovaa@mail.ru

Изучение сообществ засоленных местообитаний в Республике Татарстан представляет собой важный аспект экологии, направленный на сохранение и оценку биоразнообразия региона. В рамках данной работы была разработана классификация этих сообществ с использованием системы Браун-Бланке, что позволило более точно определить их структуру и состав.

Исследование включало в себя анализ почвенных карт, что позволило идентифицировать ключевые локации, обладающие признаками засоления. В результате были отобраны галофиты, характерные для региона, а также проведены геоботанические описания. Для анализа растительных сообществ применялась система Браун-Бланке, что позволило выделить галофитные виды и провести

синтаксономический анализ. Выборка была разделена на гомогенные группы для более точного изучения адаптационных механизмов растений к условиям засоления.

Результаты исследования показывают высокое разнообразие растительных сообществ на засоленных почвах Татарстана. Засоленные местообитания в Республике Татарстан распространены преимущественно в южной части региона, где климатические условия способствуют накоплению солей. Эти территории встречаются на низменностях, вдоль рек и в местах с ограниченным дренажем. Анализ почвенных карт показывает, что площадь засоленных земель составляет около 4,8 тысяч гектаров. Основная зона распространения включает юго-западную часть Закамья и Предволжья, где солончаки и солонцы развиваются в комплексе с черноземными и лугово-чернозёмными почвами.

Выявлены устойчивые локации с характерными видами растений, относящимися к классу *Festuco-Puccinellietea*. Обсуждение результатов включает анализ климатических и антропогенных факторов, влияющих на распространение этих сообществ, а также их роль в экосистемах региона. Кроме того, результаты подчеркивают необходимость дальнейшего мониторинга состояния этих экосистем для разработки эффективных мер по их охране.

Флора Байкальского заповедника: итоги исследований 2009–2024 гг.

Flora of the Baikal Reserve: results of research in 2009–2024

Гамова Н.С.^{1,2}¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия;²Байкальский государственный природный биосферный заповедник, Танхой, Россия

bg_natagamova@mail.ru

Байкальский заповедник, созданный в 1969 г., расположен в центральной части хребта Хамар-Дабан (Республика Бурятия). Эта территория привлекала внимание ботаников высоким уровнем флористического разнообразия и наличием редких видов. Исследования всегда велись шире границ заповедника; конспекты флоры включали и территорию охранной зоны, и прилегающие участки побережья Байкала. С 2009 г. работы по инвентаризации флоры ведутся с применением GPS-навигаторов, что позволяет выполнять точную географическую привязку всех местонахождений видов.

Для обобщения накопленного материала создана база данных по распространению сосудистых растений Байкальского заповедника, его охранной зоны и окрестностей. В январе 2025 г. она содержит более 73,5 тыс. авторских записей. Также учитываются данные «гражданской науки» на платформе iNaturalist (создан проект «Флора Байкальского заповедника») и гербарные материалы, хранящиеся в коллекциях MW, IRK, IRKU, NSK, TK, UUN. При отсутствии координат на гербарных этикетках выполняется геопривязка вручную; дополнительно проводится переопределение отдельных образцов для исключения ошибок. Суммарное число наблюдений в базе данных достигает 77 тыс.; общее число видов – 1198.

Ревизия массива данных позволила разделить общий список флоры на три категории: флору собственно заповедника (822 вида); виды, известные только в охранной зоне (192 вида); виды, известные только в неохраемых окрестностях (184 вида). Таким образом, существенная часть флористического разнообразия приходится не только на основную территорию биосферного заповедника, но и на предгорья Хамар-Дабана и побережье Байкала, где в последнее время усиливается приток адвентивных видов.

Предварительные результаты флористического исследования центральной части северного Приладожья (Республика Карелия)

Preliminary floristic study of the central part of the Northern Ladoga Lake (Republic of Karelia)

Евнукова И.Е.¹, Леострин А.В.^{1,2}¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

inna.evnuкова@gmail.com

Северное Приладожье – район, расположенный в юго-западной части Республики Карелия на северном и северо-западном побережье Ладожского озера (флористический район Karelia ladogensis); имеет уникальный постледниковый ландшафт с выраженными сельгами и шхерами.

Целью исследования является создание актуального списка видов сосудистых растений рассматриваемой территории, находящейся в пределах Лахденпохского и Сортавальского муниципальных районов (около 300 км²). Полевые флористические работы были проведены с мая по август 2024 года (флоры островов при этом не были исследованы). Полученный список дополнен данными из литературных источников и гербарных коллекций (LE и LECB).

По имеющимся на данном этапе результатам, во флоре обследуемого района было выявлено 383 вида сосудистых растений (около 20% от всей флоры Карелии), относящихся к 231 роду из 70 семейств. Ведущими пятью семействами во флоре являются Rosaceae (36 видов), Asteraceae (31), Cyperaceae (26), Rosaceae (23), Caryophyllaceae (17), а входящие в них виды составляют более 57% от общего видового состава. Относительная бедность состава изученной флоры может быть связана с однообразностью ландшафтных и почвенных условий территории. Примечательна редкость или отсутствие некоторых аборигенных видов (обычных на прилегающей с юга территории Карельского перешейка Ленинградской области), что вероятно объясняется прохождением здесь их естественных границ ареала на стыке средней и южной тайги, а также приуроченностью видов к более богатым почвам и основным породам, слабо представленным в этом районе. Чужеродные виды составляют около 20% от всей флоры; среди них такие инвазионные растения как *Impatiens glandulifera* Royle., *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Sambucus racemosa* L. и др. На территории обнаружено четыре вида, занесенных в Красную книгу Республики Карелия (2020): *Humulus lupulus* L., *Hypopitys monotropa* Crantz, *Oenanthe aquatica* (L.) Poir. (категория 3, NT), *Sempervivum globiferum* L. (4, DD). Также впервые для Республики Карелия выявлен аборигенный южно-борового вид *Vicia cassubica* L.

Закономерности распространения водных растений на Курильских островах не обусловлены климатом

The distribution patterns of aquatic plants on the Kuril Islands are not determined by climate

Иванова М.О., Волкова П.А., Бобров А.А.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия

m.ivanova3105@gmail.com

Южные и Северные Курилы относятся к разным биогеографическим зонам (Восточно-Азиатской и Циркумбореальной), что было показано для наземных растений и многих групп животных. Однако остаётся неясным, существует ли эта биогеографическая граница (т.н. линия Миябе) для водных растений, поскольку влияние климата на водную среду выражено слабее.

В 2018–2024 годах мы исследовали водную флору всех островов Курильской гряды, на которых развита гидрографическая сеть (всего 13 островов разного размера из разных частей архипелага). Всего отмечено 64 таксона (из них 11 гибридов), из которых мы добавили для флоры архипелага 23 (включая находки неизвестных ранее гибридов в мировом масштабе). Интересно, что в отличие от наземной флоры, число видов водных растений на Южных и Северных Курилах заметно не различается. Разнообразие водных растений выше на крупных островах с большим разнообразием местообитаний. Несмотря на то, что нам удалось обнаружить специфичные таксоны для Южных (17 таксонов) и Северных (9) Курил, почти все они также произрастают в более северных или в более южных районах российского Дальнего Востока, соответственно. То есть приуроченность таксонов к южной или северной частям архипелага обусловлена не их экологическими предпочтениями, а другими факторами.

Вероятно, в значительной степени распространение водных растений на островах отчасти обусловлено их стохастичным расселением в результате миграций водоплавающих птиц и наличием подходящих для водных растений местообитаний и условий. В частности, отдельные неожиданные находки (например, *Sparganium glomeratum*) сделаны на малых северных островах, где общее разнообразие водных растений крайне низкое. Также имеет значение история формирования островных флор.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (№ 23-14-00115) и в рамках госзадания ИБВВ РАН (тема 124032100076-2).

Современное состояние популяций орхидных Звенигородской биологической станции МГУ

Orchids of Zvenigorod Biological Station of Moscow State University: current state of the populations

Кондрачук Ф.В., Петрова А.М., Филатова И.О.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

fkondrachuk2016@mail.ru

Вспышка короеда-типографа и выпадение елей из состава лесных сообществ за последние 13 лет привели к сильному изменению фитоценозов заказника «Звенигородская биостанция МГУ и карьер Сима» (Московская обл.). Под угрозой оказались уязвимые виды, в том числе и Орхидные (*Orchidaceae*), занесенные в Красную Книгу Московской области (КК МО) или в Приложение 1 к ней.

В ходе работы (17–21 июня 2024 г.) в пределах заказника оценено современное состояние популяций шести видов: *Platanthera chlorantha* (Cust) Rchb. (КК МО, кат. 2), *Goodyera repens* (L.) R. Br. (КК МО, кат. 3), *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Listera ovata* (L.) R. Br., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo. (КК МО, Приложение 1). Занесены на карту их местонахождения, также для *G. repens* и *D. fuchsii* лабораторно исследованы почвенные условия. Остальные орхидные (кроме *Epipactis helleborine* (L.) Crantz) в границах ООПТ не отмечались долгое время, нами найдены не были и, вероятно, утрачены. Произрастание *G. repens* подтверждено для значительной части территории, вид отмечен в семи местонахождениях (всего 77 локусов, общее число розеток – 1720) и предпочитает почвы с низким pH и малым содержанием аммонийного азота. Крупные популяции *D. fuchsii* (наибольшая включает >500 особей) приурочены к сообществам со слабощелочными почвами. Выявлено четыре возрастных состояния, возрастной спектр правосторонний.

Численность *L. ovata* критически сократилась – обнаружены лишь две особи. Состояние *P. bifolia* и *P. chlorantha* по сравнению с 1995 годом (Вахрамеева, Богомоллова, 2001) значительно ухудшилось. Выявлено семь точек произрастания *N. nidus-avis* с различным количеством генеративных побегов, достигающим 32 в одной группе.

В новых обстоятельствах *D. fuchsii* оказался наиболее устойчив, *G. repens* в сохранившихся ельниках и сосняках присутствует значительно, плотность (23,8 розеток на м²) в сравнении с 2001 годом

не изменилась (Вахрамеева, Богомолова, 2001). Другие виды находятся в уязвимом положении и требуют специальных мер охраны.

Водная флора некоторых озёр Вологодской области

Aquatic flora of some lakes in the Vologda Region

Конотоп Н.К.^{1,2}, Виноградова Ю.С.^{1,2}, Бобров А.А.¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия;

²Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия
nikita.konotop@yandex.ru

В августе 2023 и 2024 гг. была обследована водная флора свыше 60 водоёмов и водотоков Вологодской области, из которых подавляющее число составляли озёра, расположенные в Бабаевском, Белозёрском, Кирилловском и Вологодском районах в бассейне Верхней Волги и в Вытегорском районе в бассейне Балтики.

Через данные территории проходила зона последнего оледенения, оставив после себя многочисленные чистые ледниковые озёра, в которых сохранились реликтовые виды, такие как *Isoëtes echinospora*, *I. lacustris*, *Lobelia dortmanna*, *Nuphar pumila*, *Nymphaea tetragona* и *Sparganium gramineum*. Также в них встречаются редкие виды водных растений, такие как *Alisma gramineum*, *Elatine hydropiper*, *Potamogeton praelongus*. Кроме того, Вологодская область располагается близ границы зоны отрицательных среднегодовых температур, в связи с чем в озёрах встречаются редкие водные виды, характерные для более северных районов, среди них *Myriophyllum alterniflorum*, *Sagittaria natans*, *Subularia aquatica* и другие.

Наибольшее разнообразие редких видов (11 видов), в том числе включённых в Красную книгу Вологодской области, было представлено в озёрах Лужандозеро (Вытегорский р-н), Пяозеро и Нажмозеро (Бабаевский р-н), Долгое и Буозеро (Белозёрский р-н), Остолоповское (Кирилловский р-н).

Озёра национального парка “Русский север”, характеризуются чистыми, прозрачными и среднеминерализованными водами, в которых встречаются различные виды харовых водорослей (9 видов). Наибольшее их разнообразие было обнаружено в озёрах Буозеро, Красносельское (Белозёрский р-н), Сиверское, Никольское, Остолоповское (Кирилловский р-н). В целом водная флора озёр Вологодской области очень разнообразна и интересна. По нашим данным, здесь встречается около 85 видов и 9 гибридов водных сосудистых растений и 9 видов харовых.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (№ 23-14-00115).

Распространение омелы белой (*Viscum album*) в городе Калининград

Distribution of white mistletoe (*Viscum album*) in the city of Kaliningrad

Костыркин М.М., Белов Н.С., Скрыпник Л.Н.

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия
mekss55ma@mail.ru

Омела белая (*Viscum album* L.) – это полупаразитический вечнозеленый кустарник, способный к фотосинтезу, но при этом получающий воду и питательные вещества от деревьев-хозяев через гаустории. Устойчивость омелы к низким температурам зимой играет ключевую роль в определении её границ распространения. Однако ареал вида зависит не только от климатических условий, но и от активности птиц, которые способствуют распространению семян. Таким образом, экология омелы белой определяется как абиотическими, так и биотическими факторами.

Исследования пространственного распределения омелы белой на территории города Калининград осуществлялись в период с апреля по декабрь 2019 года. В ходе проведенных наблюдений было зафиксировано 3661 инфицированное дерево. Наибольшее их число относилось к видам: *Tilia cordata* (24,4%), *Acer platanoides* (22,7%) и *Populus nigra* (16,7%). Анализ распределения по административным районам города выявил, что в Центральном районе произрастает 869 зараженных деревьев, в Московском районе – 627, тогда как в Ленинградском районе отмечено максимальное количество пораженных растений, составляющее 2165 экземпляров.

В Калининграде омела белая слабо распространена в дендропарках города. Из-за светотребовательности омелы заражение деревьев в парках отмечается на окраинах. Прореживание лесов способствует её распространению. В центре города, где высока плотность застройки и меньше зелёных насаждений, омела встречается реже из-за ограниченной активности птиц и регулярных санитарных обрезок деревьев.

Флора зеленых зон города Брянска
The flora of the green zones of the city of Bryansk
Крапивин А.Д.

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Брянск, Россия
krapivin.artur2016@yandex.ru

Брянск – один из старейших промышленных центров Средней России, крупный транспортный узел площадью 260 км² и населением 375,7 тыс. чел. Существенный вклад в поддержание биоразнообразия урбанофлоры вносят участки естественных экосистем, приуроченные к поймам и надпойменным террасам рр. Десны и Болвы (сосновые, сосново-широколиственные, мелколиственные леса, пойменные дубравы и луга), а также сохранившиеся участки широколиственных лесов и травяных сообществ в балках и по коренному склону р. Десны. Нами были обследованы ООПТ «Роща Соловьи» (290 га), «Овраги Верхний и Нижний Судки» (197,75 га) и лесные урочища Деснянский лесопарк (59,6 га) и Ивановская дача (10,3 га).

В основе данного исследования лежит методика сеточного картографирования. Всего заложено 228 ячеек (S=1км²). В 2022–2024 гг. на территории 17 ячеек (7,5% от числа ячеек в городе), в пределах которых сохранились естественные экосистемы, выполнены флористические маршруты. Также использованы опубликованные данные по флоре и растительности г. Брянска и наблюдения на платформе iNaturalist.

Во флоре исследованных ячеек отмечено 873 вида сосудистых растений (76,8% от общего числа зарегистрированных в городе видов). Чужеродная фракция составляет 298 видов или 26,2% от выявленной флоры города. Локальное видовое разнообразие ячеек варьирует от 246 до 480 видов (среднее значение – 321 вид). Отмечено 16 видов из Красной книги Брянской области (2016) – кат. 1: *Cephalanthera longifolia*, *C. rubra*, *Dactylorhiza baltica*, *Hypericum montanum*; кат. 2: *Dracocephalum ruyschiana*, *Gentiana cruciata*, *Salvinia natans*; кат. 3: *Anemone sylvestris*, *Cystopteris fragilis*, *Digitalis grandiflora*, *Iris sibirica*, *Listera ovata*, *Lunaria rediviva*, *Platanthera chlorantha*, *Sanicula europaea*, *Trapa natans*. Произошло сокращение численности ценопопуляций *Anemone sylvestris* и *Hypericum montanum*; *Cephalanthera longifolia* и *C. rubra* не отмечались на территории города более 20 лет. Заметную роль в естественных экосистемах играют инвазионные растения: *Acer negundo*, *Erigeron annuus*, *Impatiens glandulifera*, *Solidago canadensis*.

Созофиты юга Бугульминско-Белебеевской возвышенности
Sozophytes of the southern Bugulminsko-Belebeevskaya upland

Курапов А.С.¹, Васюков В.М.²

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
Самара, Россия;

²Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт экологии Волжского бассейна РАН,
Тольятти, Россия
jasoncoleen@mail.ru

Бугульминско-Белебеевская возвышенность (ББВ) – увалисто-холмистое плато в Приуралье, расположенное между левых притоков рек Белой, Камы и Волги в пределах Республик Башкортостан и Татарстан, Оренбургской и Самарской областей. В границах Самарской области территория ББВ подвергается активной антропогенной нагрузке (работа сельскохозяйственных, нефтеперерабатывающих и других промышленных предприятий), что ставит под угрозу существование редких видов растений.

Исследование проводилось по результатам экспедиций ИЭВБ РАН (2007–2024 гг.), материалам гербарных фондов (LE, MW, PKM, PVB, SMR и др.) и литературным данным. Были выявлены созофиты южной части ББВ в пределах Самарской области: 15 видов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (2024): *Cladium mariscus*, *Dactylorhiza russowii*, *Fritillaria ruthenica* и др. Вместе с выше перечисленными, 97 видов занесены Красную книгу Самарской области (2017), среди них имеет статус «1 – находящийся под угрозой исчезновения вид»: *Allium obliquum*; статус «2 – вид, сокращающийся в численности»: *Ajuga glabra*, *Eriophorum angustifolium*, *Parasenecio hastatus*, *Parnassia palustris*, *Pleurospermum uralense*, *Potentilla erecta*, *Ranunculus lingua*. Виды, не включенные в Красную книгу Самарской области (2017), но нуждающиеся в охране: *Leymus paboanus*, *Oxytropis baschkiriensis*, *Pedicularis physocalyx*, *Trinia muricata*, *Tulipa ophiophylla*, *Thymelaea passerina*. Систематизация данных о произрастании созофитов на территории ББВ вносит вклад в проведение мероприятий по сохранению и восстановлению редкой флоры Самарской области.

Чужеродные виды растений во флоре острова Сахалин

Alien plant species in the flora of Sakhalin

Ложникова О.О.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

o.lozhnikova@imgg.ru

Чужеродная флора острова Сахалин, как одного из динамично развивающихся регионов нашей страны, вследствие активного освоения углеводородных месторождений, постоянно пополняется новыми видами растений. За последние 40 лет островная флора пополнилась 96 чужеродными видами. Современная чужеродная флора острова, без учета интродуцентов, включает 295 видов растений, что составляет более 18% от общего количества таксонов природной флоры Сахалина и 44% от всего биоразнообразия чужеродной флоры российского Дальнего Востока в целом.

Наиболее крупным семейством в таксономическом спектре чужеродной фракции флоры острова Сахалин является *Asteraceae* и включает 63 вида, которые представляют 21% от общего количественного состава рассматриваемой флоры. Доля остальных семейств в указанном спектре ранжируется следующим образом: *Poaceae* составляет 11%; *Fabaceae* – 9%; *Brassicaceae* – 6%; *Lamiaceae* – 6%; *Caryophyllaceae* – 5%; *Rosaceae* – 4%; *Plantaginaceae* – 3%; *Polygonaceae* – 2% и *Boraginaceae* – 2%. Среди представителей чужеродной флоры острова преобладают травянистые поликарпики и охватывают 48%, а доля травянистых монокарпиков составляет 43%. Древесные растения при этом занимают незначительную долю, всего 9% от общего состава анализируемой флоры острова.

Значительная часть состава чужеродной флоры Сахалина является неофитами и включают 178 видов, которые в основном были занесены на остров непреднамеренно. К группе археофитов отнесен 21 вид. Все виды из них были занесены также непреднамеренно, вероятнее всего, как примесь в семенах возделываемых на острове культур. Эунофиты представлены 96 видами, большинство из которых появилось на Сахалине в результате интродукции в качестве декоративных, лекарственных и пряноароматических культур.

В настоящее время из общего состава чужеродной флоры острова Сахалин 97 видов являются натурализовавшимися, из них 35 таксонов можно рассматривать в статусе инвазионных. Подавляющее большинство чужеродной флоры острова составляют виды европейского происхождения.

Сравнительный анализ трех локальных флор Удмуртской Республики

(Алнашский и Воткинский районы)

Comparative analysis of three local floras of Udmurtia (Alnashsky district and Votkinsky district)

Макарова А.И., Наumenко Н.И.

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

anuta1116makarova@gmail.com

Выполнено исследование с целью выявления и анализа видового состава трех локальных флор (ЛФ) в границах Удмуртии (д. Кучеряново и д. Благодать Алнашского р-на, д. Фертики Воткинского р-на). При сравнительном анализе были вычленены фракции аборигенных и адвентивных видов, в том числе археофитов и кенофитов (в последнюю группу нами включены, наряду с непреднамеренно занесенными видами, эргазиофиты – виды культивируемых, но уходящих из культуры растений).

Удмуртия располагается на востоке Восточно-Европейской равнины, большей частью – в долинах и на водоразделе рек Кама и Вятка. Сводный флористический список изучаемых ЛФ объединил 648 видов, из которых ЛФ окрестностей д. Фертики включает 592 вида из 96 семейств, ЛФ окрестностей д. Кучеряново – 478 видов из 85 семейств, ЛФ окрестностей д. Благодать – 475 видов из 88 семейств. Сравнительный анализ показал высокую степень сходства видового состава всех трех ЛФ, при этом наиболее схожи близкие территориально ЛФ Кучеряново и Благодать.

Соотношение аборигенных и адвентивных видов на исследованных территориях близкое: в ЛФ Кучеряново аборигенных видов 69,5%, адвентивных – 30,5%, в ЛФ Благодать, соответственно, 72,4% и 27,6%, в ЛФ Фертики – 71,9% и 28,1%.

В составе флоры доля археофитов на изучаемых территориях примерно одинакова: ЛФ Кучеряново – 16,3%, ЛФ Благодать – 16,6%, ЛФ Фертики – 13,9%. Кенофитов в ЛФ Кучеряново 14,2%, в ЛФ Благодать – 10,9%, в ЛФ Фертики – 14,2%. Видовой состав аборигенных видов и археофитов в изученных ЛФ более стабилен, по сравнению с составом кенофитов: виды природной флоры и археофиты более устойчивы к изменяющимся условиям среды и по отношению к конкурирующим аборигенным видам.

Таксономическая структура и биоразнообразие травянистых сообществ острова Сахалин

Taxonomy and biodiversity of grass communities of the Sakhalin Island

Рожкова-Тимина И.О.

Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, Россия

inna.timina@mail.ru

Таксономический анализ является важной частью изучения биоразнообразия. В ходе него выявляются количественные параметры флор. За три года исследований травянистых сообществ Сахалина нами определено 389 видов растений (включая виды кустарниковых и древесных форм), относящихся к 220 родам из 65 семейств. Наиболее богатыми видами оказались семейства Asteraceae (63 вида), Poaceae (39 видов) и Rosaceae (31 вид). По частоте встречаемости лидируют виды семейства Poaceae (доля встречаемости 23,91%), Asteraceae (17,08%), Fabaceae (9,52%). Таким образом, семейство Poaceae, уступая семейству Asteraceae в числе видов, выигрывает за счет большего числа описаний, в которых зарегистрированы виды злаков. Среднее число видов в роде 1,8; в семействе — 6,0. Число одновидовых родов — 144 (65,5% от общего числа), а одновидовых семейств — 30 (46,15%). Доля видов в пяти ведущих родах 12,08%, в десяти ведущих родах — 19,28%, в 20 ведущих родах — 29,82%. На исследованных территориях, занятых травянистой растительностью, включая сельскохозяйственные угодья, не было зарегистрировано лишайников, доля мхов составила 0,51%, доля сосудистых споровых 2,83%, доля голосеменных растений 1,8%.

Индексы разнообразия достаточно велики. Индекс видового разнообразия Маргалефа ($\log_2$) H составил 37,90316; индекс доминирования Бергера-Паркера D 0,02942; индекс выровненности Макинтоша E 0,94145. Индексы оригинальности Малышева для Азиатской России составили -0,026 (рода/семейства) и -0,599 (виды/рода). Из отрицательных показателей можно сделать вывод, что при формировании видов и родов луговой растительности преобладали аллохтонные тенденции.

Чужеродная флора Северо-Запада России: современный состав и структура

Alien vascular flora of the North-West of Russia: current composition and structure

Саидов Н.Т., Леострин А.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

nsaidov@binran.ru

Со времени последней ревизии флоры сосудистых растений Северо-Запада России (Санкт-Петербург, Ленинградская, Псковская, Новгородская области), проведенной Н.Н. Цвелёвым (2000), был накоплен большой фактический материал. В рамках настоящего исследования впервые проводится комплексный анализ структуры чужеродной флоры региона на основе актуализированных данных, полученных в результате полевых исследований (2021–2024 гг.), ревизии гербарных фондов (LE, LECB), литературных и открытых сетевых источников.

По полученным данным, на территории Северо-Запада России известен 2281 вид (включая фертильные гибриды) дикорастущих сосудистых растений, 978 из которых – чужеродные виды, в т. ч. 62 археофита. 916 видов-неофитов (из 420 родов, 82 семейств) составляют 40,2% всего видового состава флоры региона. Крупнейшие по числу неофитов семейства флоры Северо-Запада России: Asteraceae (116 видов), Poaceae (95), Rosaceae (76), Brassicaceae (66) и Fabaceae (55). Большая часть чужеродных видов (42,5%) – это виды, являющиеся аборигенными в средиземноморском регионе; восточноазиатских видов не менее 18%, североамериканских – 15,1%.

По степени натурализации 549 видов (59,9% всех неофитов) отнесены к группе «casual», а 240 видов (26,2%) – к группе «naturalized» (Richardson et al., 2000); статусы ещё 127 видов (13,9%) требуют уточнения («casual» или «naturalized»). В числе натурализовавшихся видов 28 рассматриваются как инвазионные, 10 из них признаны видами-трансформерами. В группе натурализовавшихся неофитов преобладают представители Asteraceae (32 вида), Rosaceae (29), Poaceae (22). 43,3% натурализовавшихся видов являются местными на территории Южной Европы, при этом 50% инвазионных видов – североамериканского происхождения. Наибольшее число неофитов выявлено в Санкт-Петербурге – 696 видов. В Ленинградской области – 665 видов. В Псковской и Новгородской областях – 445 и 343, соответственно.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ (№ 24-74-00029).

Предварительный список флоры Яно-Адычанского междуречья

Preliminary list of flora of the Yano-Adychansk interfluvium

Слепцова А.П.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия

ana.pet98@mail.ru

Приводятся первичные сведения о составе флоры Яно-Адычанского междуречья. Район исследования в региональном плане относится к подзоне северо-восточных северотаежных лесов, с преобладанием горных лиственничников. Работа, составленная на основе собственных исследований флоры высших сосудистых растений с 2022 года в Верхоянском районе, гербарных фондов и обобщения литературных данных.

Флора представлена типичными доминантами бореальной флоры – семействами Rosaceae, Asteraceae, Cyperaceae, вместе эти семейства составляют 28,6% от числа флоры. На долю ведущих 10 семейств приходится 66,1% видового состава. Более половины семейств (34, или 60,7%) содержат от 1 до 3 видов. Древесные растения составляют 15,4%, а травянистые растения доминируют и составляют 84,5% от общего числа видов. Одним из важнейших лимитирующих факторов является увлажнение, преобладающей группой во флоре является мезофитная (45,9% от числа флоры). При рассмотрении хорологической структуры флоры можно отметить, что в сложении флоры активно участвуют восточносибирские и циркумбореальные группы, в сводном списке основу флоры составляют бореальные и гипоаркто-монтанные виды.

В составе Яно-Адычанской флоры выявлено 381 вид сосудистых растений, относящихся к 56 семействам и 169 родам. Отмечено 11 видов редких и уязвимых сосудистых растений, включенных в Красную книгу Республики Саха (Якутия): *Allium prostratum* Trevi, *Artemisia laciniatifolia* Kom., *Ephedra monosperma* C.A. Mey, *Helictotrichon krylovii* (Pavlov) Henrard, *Nymphaea tetragona* Georgi, *Oxytropis scheludjakovae* Karav. Et Jurtz., *Platanthera oligantha* Turcz., *Potentilla fragarioides* L., *Potentilla tollii* Trautv., *Stellaria jacutica* Schischk., *Stellaria monantha* Hultén.

Материалы к изучению локальных флор долины реки Кама в Удмуртской Республике

Materials for the study of local floras of the Kama River valley in the Udmurt Republic

Фассахов Б.Н., Маркова Е.М., Науменко Н.И.

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

bulatkamen99@gmail.com

В результате полевых исследований в долине р. Кама на территории пяти административных районов Удмуртской Республики (УР) в период с 9 июня по 12 октября 2024 года, а также обработки публикаций и по материалам гербария УдГУ (UDU) выявлен и проанализирован видовой состав локальных флор (ЛФ) Галево, Поваренки, Макарово, Дулесово, Усть-Бельск и Голышурма. Флористический список включил 539 аборигенных видов (53% флоры УР). Обнаружены новые местонахождения *Eremogone longifolia* (M.Bieb.) Fenzl, *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Gentiana pneumonanthe* L., *Iris sibirica* L., *Lilium martagon* L., *Stipa pennata* L., внесенных в Красную книгу Удмуртской Республики, подтверждены ранее выявленные точки произрастания подлежащих охране видов. В ходе работы выполнен анализ систематической структуры, географических и экологических элементов флоры. Проведён сравнительный анализ видового состава ЛФ с расчётом коэффициента Жаккара (Kj), полученные значения которого использованы для построения кластера методом среднего парно-группового связывания в программе Statistica 10. Полученный кластер отражает схему флористического районирования региона (Баранова, 2016). Наибольшее сходство выявлено в группах ЛФ Макарово и Дулесово (Kj=0.67), наименьшее – между Галево и Голышурма (Kj=0.39), наиболее обособленными по видовому составу от других ЛФ. Полученные данные имеют важное значение для детального изучения растительного мира долины р. Кама и могут служить основой для разработки мер по сохранению биоразнообразия.

Работа выполнена в рамках темы «Биоразнообразие природных экосистем Заволжско-Уральского региона: история его формирования, современная динамика и пути охраны» (FEWS-2024-0011).

Чужеродные виды растений в залежных сообществах на юге Архангельской области

Alien plant species in fallow areas in the South of Arkhangelsk Region

Чмыхов А.А., Леонова Н.Б.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

chmyhov1998@gmail.com

Исследование посвящено актуальной задаче выявления и изучения чужеродных видов сосудистых растений в растительных сообществах зарастающих залежей на юге Архангельской области. Полевые работы проводились в Устьянском районе Архангельской области в 2021–2024 гг. на Архангельской УНС географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. На исследуемой территории широко представлены зарастающие сельскохозяйственные земли; геоботанические описания выполнены в разнотравно-злаковых сообществах (*Phleum pratense* L., *Dactylis glomerata* L., *Centaurea scabiosa* и др.) с подростом *Pinus sylvestris* L. и мелколиственных пород на старопахотных почвах пологих водораздельных склонов, всего 35 описаний.

Было выявлено 14 видов сосудистых растений, которые имеют природный ареал в отдаленных от европейской средней тайги регионах (Средиземноморье, Южная Европа, Юго-Западная Азия, Северная Америка). Эти виды относятся к семействам Asteraceae (6 видов), Fabaceae (3 вида), Apiaceae (2 вида), и по одному виду – из Caryophyllaceae, Hydrophyllaceae, Rosaceae.

Рассмотрены экологические требования этих растений, которые обуславливают возможности их внедрения в природные сообщества. Согласно экологическим шкалам Д.Н. Цыганова по богатству почв азотом они относятся к субнитрофильной и нитрофильной группам, а по увлажнению почв – к свежестепной; влажностепной; сухо- и свежелесолуговой. Таким образом, экологические требования чужеродных видов растений характеризуются приуроченностью к достаточно влажным, но не переувлажненным, почвам, обеспеченным азотом. Такие условия соответствуют залежным землям на водоразделах, хорошо дренируемым и в прошлом удобряемым.

Четыре вида из выявленного списка *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Matricaria discoidea* DC., *Erigeron canadensis* L. являются инвазионными для средней России (Виноградова и др., 2010). Два первых уже широко распространились в природных сообществах юга Архангельской области и требуют особого внимания экологов.

ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ

**Оранжерейный комплекс Центрального ботанического сада НАН Беларуси:
ключевые направления деятельности, опыт и перспективы интродукции
тропических и субтропических растений**

Greenhouse complex of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus:
key trends of work, experience and perspectives of the introduction of tropical and subtropical plants

Атесленко Е.В., Кабушева И.Н.

Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь
e.ateslenko@cbg.org.by

Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси (ЦБС), основанный в 1932 году, является не только крупнейшим в стране центром сохранения биоразнообразия, но и одним из ведущих научных учреждений ботанического профиля. Особое место в его структуре занимает оранжерейный комплекс – уникальное пространство, где в условиях умеренного климата успешно культивируются тропические и субтропические растения.

Первые коллекции тропических и субтропических растений начали формироваться в 1936 году, а к 1958 году завершилось строительство первых специализированных фондовых оранжерей. За почти 70 лет коллекция тропических и субтропических растений выросла до впечатляющих масштабов: сегодня она насчитывает более 3,2 тыс. образцов, объединенных в восемь тематических коллекций.

Основная задача лаборатории оранжерейных растений – интродукция тропических и субтропических видов в условия умеренного климата Беларуси. Сотрудниками лаборатории изучаются адаптационные механизмы растений, разрабатываются методы их выращивания в контролируемых условиях, исследуется устойчивость к болезням и вредителям. Кроме того, коллекции служат «резервным фондом» для исчезающих видов.

Выращивание экзотических растений в Беларуси сопряжено с трудностями: необходимость поддержания оптимальной влажности, стабильной температуры и дополнительного освещения. Однако за десятилетия работы накоплен значительный опыт, благодаря которому в мае 2007 года для посетителей ЦБС была открыта экспозиционная оранжерея, ставшая площадкой для проведения экскурсий, мастер-классов, лекций и обучающих практикумов для школьников, студентов и других групп населения.

В будущем планируется уделять особое внимание цифровизации – созданию виртуальных туров и баз данных растений. Запланировано увеличение редких видов тропической и субтропической флоры в имеющихся ботанических коллекциях, а также создание новых, например, коллекций насекомоядных и водных тропических растений.

Iris vorobievii* (Iridaceae) в культуре *in vitro

Iris vorobievii (Iridaceae) in *in vitro* cultivation

Бердасова К.С., Пьянова А.С., Миронова Л.Н.

Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

k.berdasova@mail.ru

Род *Iris* на Дальнем Востоке представлен 8-10 видами. Отдельные представители являются ценными пищевыми и лекарственными ресурсами. *I. vorobievii* – малолетник, с утолщённым вертикальным корневищем и густой мочкой придаточных корней. Цветёт в мае, плоды созревают в июле. В природе размножается вегетативно. Семенное возобновление затруднено. Технология микрклонального размножения позволяет сохранять вид и повысить коэффициент мультипликации.

Для введения в культуру *in vitro* были использованы зрелые семена *I. vorobievii*. Для культивирования использовали среду Мурасиге-Скуга (1962). Стерилизацию семян проводили по схеме: H_2SO_4 конц. → 1% AgNO_3 → 1% NaCl → 3-х кратная промывка стерильной H_2O дист. Растения, полученные из сеянцев *in vitro*, помещали на питательные среды Мурасиге-Скуга без регулятора роста (MC^0) и с регулятором роста 6-бензиламинопурином (6-БАП) в концентрациях 0,5 и 1 мг/л. В культуральной комнате поддерживались условия освещённости 2–3 тыс. лк., фотопериод 16 часов, температура $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

Эффективность стерилизации составила 100%. Прорастание свежесобранных семян происходило на 36 сутки, общая всхожесть в условиях *in vitro* составила 55%. Семена после года хранения имели всхожесть 10%. Коэффициент мультипликации составил 1,4 и 1,5 на среде с добавлением 0,5 и 1 мг/л 6-БАП соответственно. На среде MC^0 также отмечалось образование дополнительных побегов. Образование корней происходило на всех вариантах сред.

Работа выполнена по гос. заданию 122040800086-1 по теме «Введение в культуру, изучение и сохранение генетических ресурсов хозяйственно ценных растений Восточной Азии» на базе УНУ «Коллекция живых растений *in vitro* Ботанического сада-института ДВО РАН».

Влияние бензимидазола в низкой концентрации на развитие протокормов

***Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume**

The effect of low concentration benzimidazole on the development of

Phalaenopsis amabilis (L.) Blume protocorms

Гусева Е.А.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,

Самара, Россия

evvvvve6342@gmail.com

Методики культивирования и размножения орхидных подразумевают использование различных химических соединений таких, как пестициды. Часто используются аналоги растительных гормонов, многие из которых проявляют генотоксичность, в том числе и для людей, даже в малых дозах. Актуальным является поиск недорогих и безопасных стимуляторов. В данном эксперименте исследовали влияние на развитие протокормов *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume бензимидазола, являющегося структурным аналогом цитокинина, в нетоксичной дозе 0,0001 мг/мл.

В питательную среду Кнудсон-С добавляли простерилизованный бензимидазол в концентрации 0,0001 мг/мл, где и проращивали семена *P. amabilis*, контролем служили культуры, пророщенные на этой же питательной среде без бензимидазола. Со 2 недели флажки с набухшими семенами находились под освещением восемь часов в сутки при температуре 18-22 °С. На третьей неделе появились протокормы и в контроле, и в опыте, что соответствует результатам других исследователей.

Было обнаружено достоверное стимулирующее действие бензимидазола на развитие протокормов по сравнению с контролем. Настоящие листья и корни в эксперименте появились на 22-й и 24-й неделе, соответственно, а в контроле – на 26-й и 27-й неделе. На среде с бензимидазолом к 32-й неделе 93% протокормов образовало листья и 41% – корни, а в контроле только 40% протокормов образовало листья и 17% – корни. Таким образом, бензимидазол в низких концентрациях выступает, как стимулятор роста орхидей на стадии протокорма.

Некоторые биохимические особенности коллекционных насаждений персика ФИЦ СЦ РАН

Some biochemical peculiarities of peach collection plantations of FRC SSC RAS (Sochi, Russia)

Климова Е.В., Москвичева В.В.

ФИЦ «Субтропический научный центр РАН», Сочи, Россия

kittiklema@yandex.ru

На базе опытно-технологического отдела ФИЦ СЦ РАН поддерживается генетическая коллекция субтропических культур (около 500 видов). Коллекция персика центра насчитывает около 69 сортообразцов. Персик является одной из популярных для возделывания культурой. Его относят к климатическим культурам, подверженным к тому же различным заболеваниям, что затрудняло ранее его выращивание в климатических условиях влажных субтропиков России.

Объект исследования – интродуцированные сорта персика: Память Симиренко и Осенний румянец (Крымская опытно-селекционная станция СКЗНИИСиВ), Золотой Юбилей и Редхавен (США); а также некоторые голоплодные сорта (нектарин) – Пятница 13 (США), Silver Roma и Орион (Италия), Обильный (Узбекистан) на клоновом подвое Бест.

Для рассмотрения некоторых биохимических особенностей, были выбраны такие показатели, как содержание антоцианов и количество растворимых сухих веществ.

Содержание антоцианов было получено путем экстрагирования сока в 1%-ном растворе соляной кислоты на водяной бане при температуре 40-45 °С. Полученную экстракцию анализировали на спектрофотометре UNICO 2800 (United Products & Instruments, Inc.) на длинах волн 510 и 657 нм. Растворимые сухие вещества (РСВ) определяли в соответствии с ГОСТ 28562-90.

По результатам исследования были получены следующие данные: наибольшее количество антоцианов содержится в сортах Память Симиренко (52,5 мг/100 г сухого веса) и Silver Roma (48,3), а наименьшим показателем отличился сорт Золотой Юбилей (28,4). В остальных образцах содержание варьировало от 32,6 до 43,9 мг/100 г сухого веса. Показатель РСВ был ниже в образцах Пятница 13, Память Симиренко, Silver Roma и Золотой Юбилей, и составил от 10 до 11,9%. В сорте Редхавен он составил 14%, а в остальных сортах: Обильный, Орион и Осенний Румянец – от 16,1 до 16,5%. В ходе проведенных

анализов сделан вывод, что зависимости между содержанием общих антоцианов на данном этапе исследования и РСВ выявлено не было.

Работа выполнена в рамках реализации ГЗ ФИЦ СЦ РАН № FGRW-2022-0014.

Опыт интродукции видов рода *Lycopus* в Ботаническом саду ВИЛАР

The experience of *Lycopus* cultivation in the Botanical Garden of the All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants

Ковалев Н.И.

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений,

Москва, Россия

kovalevteam@mail.ru

Арсенал современной медицины содержит мало растений, используемых для лечения заболеваний щитовидной железы. К ним относятся *Lithospermum erythrorhizon* Siebold & Zucc., *Potentilla alba* L., а также виды рода *Lycopus*. В последние годы показано, что препараты на основе *Lycopus europaeus* эффективны при лечении гипертиреоза. С целью изучения фенологического ритма и продуктивности трех различных видов рода *Lycopus* (*L. europaeus*, *L. exaltatus*, *L. lucidus*) в условиях Московского региона был проведен интродукционный опыт в Ботаническом саду ВИЛАР. Делянки закладывались столонами в лекарственном севообороте (на богаре) в первой декаде мая по схеме 60×20 см. В 2023-2024 гг. виды проходили фазы развития в разные сроки. Так, в наиболее важный с точки зрения технологии период (уборки на сырье) т.е. фазы бутонизации-начала цветения растения *L. exaltatus* вступают уже во второй декаде июня, а *L. lucidus* – через месяц, в первых числах августа. *L. europaeus* по скорости развития занимает промежуточное положение (начало цветения – II декада июля). К началу созревания семян высота растений на II году вегетации составила у *L. lucidus* – 58,75±8,87 см, у *L. europaeus* – 78,93±10,66 см, у *L. exaltatus* – 111±8,31 см. Наибольший выход воздушно-сухой травы с единицы площади на I г.в. наблюдался у *L. europaeus* (157 г/пм) и *L. lucidus* (150 г/пм), наименьший отмечен у *L. exaltatus* (98 г/пм), а на II г.в. урожайность составила 111, 38 и 54 г/пм соответственно. По содержанию суммы фенольных соединений в пересчете на розмариновую кислоту в сырье выделился *L. europaeus* (до 11,06±0,20%), у *L. exaltatus* накапливалось до 10,04±0,12%, у *L. lucidus* – до 7,32±0,08%. Необходимо дальнейшее изучение продуктивности данных видов.

Эколого-морфологические особенности онтогенеза *Lycoris squamigera* Maxim.

в условиях Ботанического сада Самарского университета

Ecological and morphological features of the ontogenesis of *Lycoris squamigera* Maxim. in the conditions of the Botanical Garden of Samara University

Курапов А.С., Ревунова Л.Г., Путятин Е.С.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,

Самара, Россия

jasoncoleen@mail.ru

Lycoris squamigera Maxim. (ликорис чешуйчатый) – растение семейства *Amaryllidaceae* (Амариллисовые), родиной которого является Юго-Восточная Азия, культивируется в ботаническом саду Самарского университета с 2000 г. Данный таксон представлен в коллекции 25 экземплярами, которые произрастают в условиях открытого грунта на выщелоченной черноземной почве, с частичным притенением; растения зимуют с укрытием опилками.

В ходе исследований в вегетационные периоды 2023-2024 гг. было установлено, что годовой цикл роста *L. squamigera* состоит из семи стадий: отрастание листьев 16.04. (±4 дня); розетки листьев, макс. длина и ширина которых достигли 52±4 см и 3±0,2 см соответственно 06.05. (±5 дней); отмирание листьев 07.07. (±2 дня); летний покой 11.07. (±2 дня); бутонизация 02.08. (±3 дня); цветение 08.08. (±5 дней), по 2-3 цветка на побеге, макс. длина цветоноса и диаметр цветка 82±6 см и 9±0,8 см соответственно; зимний покой 29.08. (±9 дней). В отличие от особей природных местообитаний, исследованные интродуценты не имеют стадии повторного отрастания листьев осенью.

За годы интродукции *L. squamigera* показал себя как холодостойкий, сохраняющий декоративность таксон, стабильный в своём онтогенетическом цикле. Вид может быть рекомендован в качестве перспективного компонента озеленения тенистых мест в условиях Среднего Поволжья.

**Предварительная оценка устойчивости представителей семейства Hamamelidaceae
в коллекции открытого грунта ГБС РАН**

Initial evaluation of hardiness in some Hamamelidaceae in the Arboretum
of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences

Михеева С.В., Яценко И.О.

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

mikheeva.mbg.ras@gmail.com

С 2015 года в дендрарии ГБС РАН после 20-летнего перерыва возобновлена интродукционная деятельность. Нами был пересмотрен и дополнен список таксонов, подлежащих испытанию в условиях открытого грунта ГБС РАН, в том числе существенно увеличено число представителей семейства Hamamelidaceae R.Br. В 2024 году были проведены обследования посадок на экспозициях дендрария и молодых растений этого семейства в интродукционном питомнике (восемь родов, 26 видов и разновидностей). Дана предварительная оценка перспективности для культивации в садах сходного с Москвой климата. Она подразумевает возможность долговременного присутствия таксона в условиях открытого грунта без дополнительных укрытий, без учёта критерия декоративности. Сформированы три основные группы перспективности на основании наличия зимних повреждений (по шкале Лапина-Сидневой (1973) от I до VI) и общего состояния растений:

Незначительные обмерзания (I-II): *Corylopsis pauciflora* Siebold & Zucc., *Fothergilla latifolia* J.F.Mill., *Hamamelis japonica* Siebold & Zucc., *H. j. f. obtusata* (Makino) H. Ohba, *H. j. 'Zuccariniana'*, *H. virginiana* L., *Parrotiopsis jacquemontiana* (Decne.) Rehder. Значительные обмерзания (III-V): *Corylopsis platypetala* Rehder & E.H. Wilson, *C. spicata* Siebold & Zucc., *Parrotia persica* C.A. Mey.

Очень сильное обмерзание, но сохранение жизнеспособности (VI): *Corylopsis gotoana* Makino, *C. sinensis* Hemsl., *C. s. var. calvescens* Rehder & E.H. Wilson, *Fortunearia sinensis* Rehder & E.H. Wilson.

Недостаточно данных: *Corylopsis glabrescens* Franch. & Sav., *C. veitchiana* Bean, *C. willmottiae* Rehder & E.H. Wilson, *Distylium racemosum* Siebold & Zucc., *Fothergilla gardenii* L., *Hamamelis* × *intermedia* 'Nina', *H. mollis* Oliv., *H. vernalis* Sarg., *Parrotia subaequalis* (Hung T. Chang) R.M. Hao & H.T. Wei, *Sinowilsonia henryi* Hemsl.

**Ритм сезонного развития декоративных видов рода *Allium* L. при интродукции
в Центрально-Черноземном регионе**

The seasonal development rhythm of ornamental *Allium* L. species cultivated in the Central Chernozem Region

Мустафа Ф., Олейникова Е.М.

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

faten.mustafa.33@gmail.com

Род *Allium* L. является одним из крупнейших родов однодольных растений, включающий более 1000 видов. Он содержит 15 подродов и 56 секции. Секция *Rhizirideum* G. Don ex W.D.J. Koch является типичной секцией подрода *Rhizirideum* (G. Don ex W.D.J. Koch) Wendelbo. Максимальное число видов подрода *Rhizirideum*, включающего в себя в основном декоративные и культурные виды, сосредоточено на территории России, из них встречается в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР) только один вид – *Allium angulosum* L., который используется как пищевое и декоративное растение.

В связи с этим нами изучен ритм развития новых декоративных видов секции *Rhizirideum*, в том числе: *A. senescens* L., *A. nutans* L., *A. lusitanicum* Lam., при условиях интродукции на территории Ботанического сада им. Келлера Воронежского ГАУ, для использования в озеленение и ландшафтном дизайне в ЦЧР. Изучение ритма развития растений и выявление изменений морфологической структуры в определенных условиях, позволяет понять пути приспособления особей к новым условиям и прогнозировать интродукцию в этих условиях. В процессе интродукции вышеуказанные виды рода *Allium* проходили последовательные стадии развития: стадия семядолей, стадия ювенильных растений, стадия имматурных растений, за которой следует стадия генеративных растений, которая во многом определяет успешность интродукции, но не ранее, проверки жизнеспособности полученных семян, с которыми будем работать в следующем вегетационном сезоне.

Проблемы при культивировании *in vitro* редких видов рода *Oxytropis*Challenges in the *in vitro* cultivation of rare *Oxytropis* species

Никифорова М.А., Бердасова К.С.

Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия;

marnikif1@gmail.com

Род *Oxytropis*, включающий ряд видов, находящихся под угрозой исчезновения, представляет особый интерес для исследований в области культивирования *in vitro*. Однако разработка эффективных протоколов размножения для редких видов *Oxytropis* сопряжена с трудностями, обусловленными их биологическими и физиологическими особенностями.

В исследовании были использованы семена редких видов *O. erecta*, *O. scheludjakovae* и *O. pilosa* и, полученные из них, микрорастения. Семена представителей данного рода обладают физическим типом покоя. Для преодоления покоя семян проводилась скарификация концентрированной серной кислотой, однако, даже после обработки процент прорастания семян составил 45%, 53% и 41% для *O. erecta*, *O. scheludjakovae* и *O. pilosa* соответственно.

Жизнеспособность проростков составила 15,8%, 30,2% и 40,4% для *O. scheludjakovae*, *O. erecta* и *O. pilosa* соответственно. Однако при последующем культивировании наибольшая часть проростков *O. erecta* некротизировала. В среднем 65% микрорастений *O. scheludjakovae* и 35% *O. pilosa* выпадали из эксперимента ежемесячно. Только через год культивирования данных видов коэффициент мультипликации достиг значения 4 и более за счет уменьшения гибели отдельных эксплантов и возможности их дальнейшего размножения.

Испытания протоколов, разработанных для родственных видов, показали их неэффективность по отношению к *O. erecta*, *O. scheludjakovae* и *O. pilosa*. Для индукции ризогенеза у микрорастений использовались такие регуляторы роста, как тидиазурон и индолил-3-масляная кислота, однако виды не дали ожидаемый морфогенный ответ. Процесс ризогенеза наблюдается только у отдельных эксплантов при длительном культивировании на контрольной среде.

Интродукция растений рода *Rhododendron* L. в ботаническом саду

Тверского государственного университета

Rhododendron L. plants cultivation in the botanical garden of Tver State University

Подольян Е.А.

Тверской государственный университет, Тверь, Россия

podolian.ea@yandex.ru

В Ботаническом саду Тверского государственного университета интродукционные испытания растений рода *Rhododendron* L. начались в 1990-е гг. Растения обладают высокими декоративными качествами, их акклиматизация вносит существенный вклад в обогащение ассортимента для нужд озеленения. На данный момент положительную оценку получили 22 вида данного рода, естественным ареалом которых являются Северная Америка, Сибирь, юго-восточная Азия и Дальний Восток РФ, Кавказ, Малая Азия, Восточная Европа, Скандинавия. Виды обладают достаточной пластичностью, возможностью к адаптации и акклиматизации. Однако зима 2024 г. с резкими колебаниями температур пагубно повлияла на состояние почек растений изучаемого рода, что существенно сократило число соцветий, и, как следствие, количество семян. Сбор семян для собственной репродукции и обмена с другими ботаническими садами по делектусам является неотъемлемой частью работы. В связи с этим требуется изучение срока хранения семян для возможности использования собранного материала прошлых лет. Так, семена *Rhododendron smirnowii* Trautv., полученные от растений в условиях г. Твери, сохраняют свою всхожесть на протяжении как минимум пяти лет с сокращением доли жизнеспособных единиц.

Культивирование *in vitro* *Barnardia japonica**In vitro* cultivation of *Barnardia japonica*

Пьянова А.С., Сабуцкий Ю.Е.

Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

berdasova_as@mail.ru

В настоящее время культуры *in vitro* и микрклональное размножение имеют большое значение в сохранении генетического разнообразия растений. Цель биотехнологических приёмов состоит в том, чтобы дополнить традиционные методы. В коллекции открытого грунта Ботанического сада-института ДВО РАН опыт культивирования *Barnardia japonica* (Thunb.) Schult. et Schult. f. (Asparagaceae) показывает

её устойчивость. Особую декоративность придаёт позднее цветение и повторная вегетация – начиная с августа. Однако, даже в культуре показатели семенного размножения довольно низкие, что указывает на необходимость дополнительных мер сохранения и размножения вида.

На этапе получения стерильной культуры *B. japonica* показана эффективность стерилизации семян 1% раствором нитрата серебра. Скарификация семян путём замачивания и хранения в холодильнике при +6°C в течение 24 часов приводила к массовому прорастанию на 13 сутки культивирования. Общая всхожесть на безгормональной среде Мурасиге-Скуга превышала 80%. Культивирование проростков на этой же среде способствовало развитию жизнеспособных сеянцев, которые легко укоренялись без направленной индукции регуляторами роста ауксиновой природы. В случае культивирования молодых сеянцев *B. japonica* на средах, содержащих концентрацию цитокининов (6-БАП или Кн) больше, чем ауксина (НУК или ИМК), наблюдалась только прямая регенерация. Каллусогенез был отмечен при совместном использовании 1 мг/л 2,4-Д и 0,5 мг/л БАП. Показана возможность сохранения вида *in vitro*, в том числе в каллусных культурах, при этом переход от пролиферации каллуса к регенерации растений осуществляется путём смены питательной среды со сложным набором на МС свободную от регуляторов роста. Коллекция растений *B. japonica in vitro* поддерживается в фазе активного роста.

Экологические и физиологические адаптации зимнезелёных растений в условиях климатической variability

Ecological and physiological adaptations of winter-green plants in conditions of climatic variability

Пятница Н.В., Макогон И.В.

Донецкий ботанический сад, Донецк, Россия

indeverme@gmail.com

В условиях изменения климата возрастает интерес к растениям, способным выдерживать нестабильные зимние условия (перепады температур, малоснежные зимы, заморозки). Особый интерес представляют зимнезеленые растения, например, *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch (Saxifragaceae), *Helleborus orientalis* Lam. (Ranunculaceae), *Iberis sempervirens* L. (Brassicaceae), *Vinca major* L., *V. minor* L. (Aporocynaceae). Благодаря своей способности противостоять холодовым и морозным стрессам, они являются перспективными объектами для изучения адаптивных механизмов, которые позволяют им сохранять жизнеспособность и проводить фотосинтез в условиях ограниченной солнечной активности и низких температур.

Фотосинтетическая активность зимнезелёных растений изучена недостаточно, особенно механизмы регуляции фотосинтетического аппарата (ФСА) при низких температурах. Исследования изменения уровня хлорофилла и каротиноидов в холодный период проводились для некоторых видов (*Vaccinium vitis-idaea* L., *Pyrola rotundifolia* L.), а механизмы холодоустойчивости, изучены на клеточном уровне, и требуют дополнительных исследований. Согласно литературным данным, наблюдается изменение адаптационных механизмов у растений, а также переключение на более устойчивые пути метаболизма; модификация ФСА; снижение содержания хлорофилла а и b. Уменьшается скорость фиксации CO₂; одновременно увеличивается концентрация каротиноидов (особенно зеаксантина), выполняющих защитную функцию и предотвращающих фотоповреждения; у некоторых видов в ответ на низкие температуры активируется механизм деградации хлорофилла, но весной его уровень быстро восстанавливается. Зимнезелёные растения демонстрируют сложную систему адаптаций, позволяющую им эффективно функционировать в условиях постоянной смены климата. Исследования зимнезеленых растений в аспекте изучения ФСА проводятся в Донецком ботаническом саду с 2022 г.

КЛЕТОЧНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И МЕТАБОЛИЗМ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ**Антибиотическое действие штаммов рода *Pleurotus* в условиях модельного загрязнения почвы бактериями *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium***Antibiotic action of strains of the genus *Pleurotus* under conditions of model soil contamination with bacteria *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*Антимонова М.А.¹, Автономова А.В.^{1,2}, Кравченко Е.С.², Краснопольская Л.М.¹¹Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков имени Г.Ф. Гаузе, Москва, Россия²Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью ФМБА, Москва, Россия

antimonova_m@inbox.ru

Известно, что метаболиты видов рода *Pleurotus* обладают антибактериальными свойствами. Нами предложено использовать метаболиты вешенки для разработки биопрепарата, снижающего содержание патогенных и условно-патогенных бактерий в почве. Патогенные и условно-патогенные микроорганизмы могут присутствовать в почве и растениях, передаваясь через пищевые цепи.

В работе были использованы восемь штаммов, относящихся к видам *Pleurotus ostreatus*, *P. citrinopileatus*, *P. pulmonarius*, *P. eryngii*. Была оценена антибактериальная активность экстрактов погруженных культур в опытах *in vitro*. В результате выбраны два штамма, относящиеся к малоизученным в части антибиотического действия видам *P. citrinopileatus* и *P. eryngii*, проявляющие выраженное антибактериальное действие в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий.

Разработанные модельные биопрепараты представляли собой культуры отобранных штаммов, выращенные на двух твердофазных субстратах. Изучение антибиотического действия модельных биопрепаратов проводили с использованием микробиологически охарактеризованной дерново-подзолистой почвы, в которую были внесены условно-патогенные бактерии *Escherichia coli*, *Enterococcus faecium*, *E. faecalis* в количестве 10⁹ КОЕ. В почву был посеян листовой салат. Раз в неделю учитывали морфологические характеристики салата, микробиологические изменения в почве. По окончании эксперимента листья салата были оценены по массе и микробиологическим показателям.

Действие биопрепаратов приводило к снижению количества внесенных бактерий *E. coli*, *E. faecium*, *E. faecalis* в динамике, что подтверждает антибиотическое действие биопрепаратов в отношении бактерий фекального загрязнения. Вместе с тем микробиологическая оценка почвы показала, что внесение биопрепаратов стимулировало увеличение выявляемого видового разнообразия бактерий почвы. Внесение биопрепаратов мицелия *P. citrinopileatus* и *P. eryngii* в использованных дозах угнетало рост салата. Негативное действие биопрепарата *P. eryngii* было выражено сильнее.

Особенности морфогенеза моркови посевной при однократной и периодической гравитационной стимуляции растений

Peculiar morphological features of carrot plants under single and periodical gravitational stimulation

Багрецова М.Р., Тараканов И.Г.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

q666666@ya.ru

Гравитация влияет на рост и развитие растений как напрямую, так и через изменения гравитационных параметров окружающей среды, например, конвекционных потоков в жидкостях и газах. В предыдущих экспериментах растения из разных семейств демонстрировали значительные морфологические и физиологические изменения при изменении ориентации относительно вектора силы тяжести и градиента светового потока. Исследования в этой области представляют научный интерес и важны, в частности, для создания морковного модуля в космической оранжерее.

На данном этапе работы изучали рост и морфогенез растений моркови, выращиваемых на пористых трубках, обмотанных несколькими слоями волокнистого ионообменного почвозаменителя, что позволяло поворачивать растения на 180° без нарушения водно-воздушного режима в корнеобитаемой зоне. Источник света при этом поворачивали вместе с растениями.

Опыты показали, что в инвертном положении у 60-дневных растений сырая масса корней уменьшилась в два раза, а масса корнеплодов – на 25% по сравнению с контрольными (растущими в естественном положении) растениями, но число и масса листьев у контрольных и инвертных растений достоверно не различались. Отношение масс запасавшей (корнеплод) и функциональной частей корневой системы у инвертных растений значительно увеличилось. Растения, выращенные при периодическом

изменении положения относительно вектора силы тяжести, занимали промежуточное положение между контрольными и инвертными растениями.

Наши данные указывают, что гравитационный фактор сильнее всего влияет на корневую систему растений, что нужно учитывать при разработке технологии выращивания корнеплодных культур в условиях измененной по сравнению с Землей гравитации.

Динамика экспрессии генов, кодирующих H^+ -АТФазу плазмалеммы, в ходе роста растяжением клеток coleoptилей риса, при прорастании в аэробных условиях и при затоплении
Dynamics of plasma membrane H^+ -ATPase gene expression during cell elongation growth in rice coleoptiles under aerobic germination and submergence

Бикташева М.О., Кирпичникова А.А., Шишова М.Ф.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
st068724@spbu.student.ru

H^+ -АТФаза плазмалеммы отвечает за закисление клеточной стенки — начальный и ключевой этап роста растяжением в аэробных условиях. Однако при прорастании в гипоксических условиях возникает недостаток АТФ, и доподлинно пока неизвестно, играет ли этот белок аналогичную ведущую роль в ходе роста растяжением в анаэробных условиях. Колеоптиль злаковых — модельный объект роста растяжением. Для риса (*Oryza sativa* L.) свойственно наличие coleoptиля и адаптация к прорастанию при затоплении. Изменение динамики экспрессии генов, кодирующих этот белок, в ходе роста растяжением при затоплении может говорить о роли H^+ -АТФазы плазмалеммы в обеспечении этого процесса. У риса известно семейство из 10 генов, кодирующих H^+ -АТФазу плазмалеммы (*OSA 1-10*). Экспрессию генов мы изучали методом ОТ-ПЦР-РВ (гены сравнения *OsGAPDH1* и *OsUBQ5*). РНК экстрагировали из coleoptилей проростков риса (3, 5 и 7 сутки), выращенных при гипоксии (затопление) и нормоксии (аэробные условия) двух сортов (Кубань 3 — быстрорастущий сорт и Аметист — медленно растущий).

В ходе анализа динамики экспрессии было выявлено разделение семейства генов на две группы: для первой (*OSA1* и 7) динамика экспрессии соответствовала динамике роста coleoptилей. Для второй группы (*OSA3*, 5 и 8) максимум накопления продукта был в начале роста, а затем накопление продукта снижалось. Для большинства гипоксических проростков характерно существенное снижение уровня экспрессии. Изменение экспрессии генов *OSA2*, 4, 9, 10 не было выявлено.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 22-14-00096.

Влияние разного режима высушивания на фотосинтетический аппарат нескольких видов листостебельных мхов, отличающихся по морфологическому строению гаметофита
The influence of different drying regimes on the photosynthetic apparatus of several mosses differing in morphological structure of gametophyte

Богданова Е.М., Муртузова А.В., Курбатова Л.Е., Тютерева Е.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
ebogdanova@binran.ru

Мохообразные, в отличие от сосудистых растений, не способны к регуляции содержания воды в тканях. Мхи благодаря наличию сразу двух групп фотозащитных белков — LHCSR характерных для водорослей и PSBS характерных для высших растений, способны переживать сильную засуху без повреждения фотосинтетического аппарата. Это делает представителей отдела Bryophyta перспективными модельными организмами для изучения механизмов адаптации к засухе. Например, *Physcomitrella patens* несмотря на умеренную устойчивость к засухе, способна пережить потерю до 92% воды в тканях, успешно регидратировать и фотосинтезировать. Ранее в работе Stark et al. (2022), было показано, что мхи из разных эволюционных групп адаптируются к засухе с разной эффективностью в зависимости от режима высушивания. Объектами нашего исследования стали представители семейств Fissidentaceae, Polytrichaceae, Funariaceae.

Мхи подвергались высушиванию в течение четырех дней несколькими методами: традиционным методом, методом увлажненного субстрата, ступенчатым высушиванием и частичной сушкой. В каждом из них использовался эксикатор, содержащий один или последовательно несколько насыщенных солевых растворов. При традиционном методе побеги высушивали в эксикаторе на подложке из сухой бумаги в открытой чашке Петри. В методе с влажным субстратом мох подсушивали на увлажненной бумаге в закрытой чашке Петри. При ступенчатом высушивании побеги проводили через условия четырехступенчатого постепенного осушения воздуха в эксикаторе. При частичном высушивании побеги первоначально помещались в условия 100% относительной влажности воздуха, а затем высушивали в

эксикаторе. Потерю влаги тканями мха оценивали по изменению массы образцов. Влияние засухи на жизнеспособность гаметофитов определяли тетразолиевым тестом. Состояние фотосинтетического аппарата мхов оценивали по изменению содержания и соотношения пигментов, а также с помощью оценки кривых быстрой флуоресценции хлорофилла *a* методом регистрации ОЖР-кинетик и определения основных параметров ЖР-теста.

Изменения метаболома coleoptилей риса в процессе удлинения при затоплении

Alterations in the rice coleoptile metabolome during elongation under submergence stress

Богданова Е.М.¹, Пузанский Р.К.¹, Ванисов С.А.², Кирпичникова А.А.², Бикташева М.О.², Мухина Ж.М.³, Шаварда А.Л.¹, Шишова М.Ф.², Емельянов В.В.²

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

³Федеральный научно-исследовательский центр риса, Краснодар, Россия

ebogdanova@binran.ru

Настоящее исследование направлено на выявление метаболических механизмов адаптации риса (*Oryza sativa* L.) к гипоксии, индуцированной полным затоплением. На примере контрастных по скорости роста российских сортов (быстрорастущий Кубань 3 и медленно растущий Амелист) продемонстрировано, что ускоренное удлинение coleoptилей коррелирует с повышенной толерантностью к кислородному дефициту. Методологическая основа включала количественную оценку ростовых параметров, анализ выхода электролитов для определения целостности клеточных мембран, а также GC-MS метаболомное профилирование с аннотацией 230 из 370 детектированных соединений. Статистическая обработка данных (PCA, OPLS-DA, MSEA) выявила значимые различия в накоплении метаболитов: у Кубани 3 зафиксировано повышенное содержание интермедиатов цикла трикарбоновых кислот (цитрат, аконитат, 2-оксоглутарат), гексозофосфатов и стероидов, что свидетельствует об активации энергетического метаболизма и поддержании мембранного гомеостаза. В свою очередь, у Амелиста доминировали лактат, фосфорная кислота и 2-гидроксикарбоксилаты, маркирующие развитие ацидоза цитозоля и энергетического дисбаланса. Гипоксия индуцировала реорганизацию корреляционных сетей метаболитов с увеличением доли отрицательных взаимосвязей (в 2.4–2.9 раза), что отражает дестабилизацию метаболических потоков, особенно выраженную у медленно растущего сорта.

Результаты подтверждают ключевую роль метаболического ремоделирования в обеспечении устойчивости риса к затоплению. Накопление структурно-функциональных липидов и интермедиатов центрального метаболизма у Кубани 3 ассоциировано с эффективной адаптацией, тогда как аккумуляция токсичных продуктов брожения у Амелиста лимитирует ростовые процессы. Выявленные метаболические маркеры могут быть интегрированы в программы разработки экспресс-методов метаболического скрининга для оценки стресс-толерантности сортов риса российской селекции направленные на повышение устойчивости к гипоксии.

Изучение цитоскелета в меристеме корня огурца (*Cucumis sativus*)

The study of cytoskeleton in the root apical meristem of cucumber (*Cucumis sativus*)

Валерьянова М.А., Кирюшкин А.С., Ильина Е.Л., Демченко К.Н.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

mvaleryanova@binran.ru

Определение формы и планов деления клеток растений требует интеграции различных типов сигналов за счёт цитоскелета – тубулиновых микротрубочек и актиновых микрофиламентов. Большинство исследований цитоскелета в корнях проводится на *Arabidopsis*, для которого характерна инициация примордиев боковых корней (БК) выше зоны растяжения. При этом визуализация цитоскелета у огурца (*Cucumis sativus*), характеризующегося инициацией БК в пределах апикальной меристемы родительского корня, ранее не проводилась.

Нами получены генетические конструкции для агробактериальной трансформации с репортерным слиянием между геном флуоресцентного белка mNeonGreen и маркерами актинового (LifeAct) или тубулинового (α -TUB) цитоскелета. Репортерные слияния находились под управлением конститутивного промотора *pCstHE1*. С использованием методики агробактериальной трансформации Тыквенных были получены трансгенные корни. Кассету для анализа клеточного ответа на ауксин с ядерной локализацией сигнала (*DR5::mRuby3-H2B*) использовали также в качестве скринингового маркера для отбора трансгенного материала. С помощью лазерной сканирующей конфокальной микроскопии был проведён

анализ пространственной организации цитоскелета в пределах апикальной меристемы корня. Выявлен характер распределения элементов цитоскелета в клетках различных тканей корня.

Таким образом, в ходе исследования был проведён выбор оптимального конститутивного промотора, а также маркеров и репортеров для визуализации элементов цитоскелета в трансгенных корнях огурца. Применён новый методический подход, заключающийся в одновременной визуализации максимумов ответа на ауксин и элементов цитоскелета. Впервые проведена визуализация цитоскелета в апикальной меристеме корня огурца.

Работа выполнена в рамках темы Государственного задания БИИ РАН «Структурно-функциональные и молекулярно-генетические основы развития и адаптации высших растений» (№ 124020100138-4).

Метаболическое профилирование близкородственных видов гидрофитов и мезофитов Ленинградской области

Metabolic profiling of closely related species of hydrophytes and mesophytes of the Leningrad region

Ванисов С.А.¹, Смирнов П.Д.¹, Пузанский Р.К.², Шаварда А.Л.^{1,2}, Емельянов В.В.¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

s.vanisov@spbu.ru

Для растений существует два направления приспособления к затоплению. Во-первых, избегание воздействия неблагоприятного фактора — сохранение нормального уровня кислорода в тканях корней за счёт ускоренного роста побегов и развития аэренхимы. Во-вторых, адаптация к последствиям неблагоприятного фактора – приспособление к функционированию в условиях недостатка кислорода (гипоксии). Выявление особенностей метаболической адаптации растений-гидрофитов в условиях затопления является одним из ключевых аспектов для понимания механизмов их адаптации к гипоксии. В работе представлены результаты исследования метаболомных профилей гидрофитов и мезофитов Ленинградской области в условиях естественного затопления, а также их сравнительный анализ. Объектами исследования являлись представители родов *Epilobium*, *Iris*, *Ranunculus* и трибы *Potentilleae*.

Метод газовой хроматографии-масс-спектрометрии позволил построить метаболитные профили растений, которые группировались в зависимости от видовой принадлежности и условий их произрастания. Гидрофиты на фоне родственных мезофитных представителей демонстрировали накопление аминокислот, дикарбоновых кислот цикла Кребса, свободных жирных кислот, а также метаболитов, связанных с гликолизом и молочнокислым брожением. Метаболиты данных классов соединений, предположительно, могут являться маркерами адаптивных механизмов к гипоксии. Анализ метаболитных профилей свидетельствует о сложной системе физиологических и биохимических процессов, обеспечивающих устойчивость к экстремальным условиям окружающей среды. В целом, метаболомы гидрофитов указывали на активацию азотного и липидного обмена, ГАМК-шунта, анаэробного дыхания и альтернативных путей окисления НАД(Ф)Н.

Выяснение характерных особенностей метаболического профиля устойчивых и неустойчивых растений важно для диагностики устойчивости к дефициту кислорода у растений, что представляет интерес для селекционеров и агробиотехнологов.

Характеристика генов семейства серотонин-N-ацетилтрансфераз (SNAT) выявила особенности эволюции членов данного семейства у высших и низших растений

Characterization of genes of the serotonin-N-acetyltransferase (SNAT) family has revealed the evolutionary features of members of this family in higher and lower plants

Васильева Д.Д., Анисимова О.К.

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

lelikanis@yandex.ru

Мелатонин (N-ацетил-5-метокситриптами́н) – важный вторичный метаболит растений, являющийся антиоксидантом и фитогормоном, вовлеченным во многие физиологические процессы, в том числе в ответы на различные стрессоры. Ключевыми ферментами биосинтеза мелатонина являются серотонин-N-ацетилтрансферазы (SNAT), катализирующие реакцию конверсии серотонина в N-ацетилсеротонин – непосредственный предшественник мелатонина. Целью работы было изучение филогении генов семейства SNAT у различных групп растений.

В геномах представителей семи отделов растений, от водорослей до покрытосеменных, были идентифицированы последовательности генов *SNAT1* и *SNAT2*. У всех анализируемых видов растений было выявлено по два гена *SNAT*, за исключением водорослей, в геномах которых присутствовал только один ген. Для каждого из гомологов *SNAT* была определена экзон-интронная структура, уровни варибельности нуклеотидных и белковых последовательностей. Был проведен сравнительный анализ состава консервативных мотивов в белках *SNAT1* и *SNAT2*. Показано, что все рассматриваемые белки содержат только три общих из 15 найденных консервативных последовательностей. У наземных растений появляются мотивы, характерные либо только для *SNAT1*, либо для *SNAT2*, за исключением белка *SNAT1 Picea sitchensis*, который по составу консервативных мотивов аналогичен *SNAT* зеленых водорослей.

Филогенетический анализ генов *SNAT1* и *SNAT2*, проведенный нами для широкого круга представителей высших растений и водорослей, показал четкое разделение исследуемых последовательностей на два субкластера – *SNAT1* и *SNAT2*, что может свидетельствовать об их ранней дивергенции. В геномах зеленых водорослей содержится только одна последовательность *SNAT*, которая кластеризовалась с белками группы *SNAT2*, что может указывать на более древнее происхождение этой группы. Также полученные данные позволяют предположить, что дупликация гена-предка *SNAT* произошла у предка мохообразных.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 25-26-00074.

Новые аспекты регуляции биосинтеза аргинина у растений на примере *Dunaliella salina*: утрата PII-зависимого контроля

New aspects of regulation of arginine biosynthesis in plants exemplified by *Dunaliella salina*:
loss of PII-dependent control

Власова В.А., Лапина Т.В., Ермилова Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
derkachvita99@gmail.com

Среди аминокислот – одного из основных источников азота – особый интерес представляет аргинин. Изучение метаболизма аргинина крайне важно, поскольку эта незаменимая для биосинтеза белков аминокислота также является предшественником в образовании полиаминов и оксида азота, которые, в свою очередь, играют важную роль в развитии растений и их адаптации к стрессовым условиям. В работе был проведен анализ регуляции биосинтеза аргинина у *Dunaliella salina* – галофильной одноклеточной зеленой водоросли, обитающей в гипергалинных водоемах. Анализ рекомбинантных белков с использованием реакций сопряженного фосфорилирования и поверхностного плазмонного резонанса позволил установить, что ключевой фермент в контроле биосинтеза аргинина всех цианобактерий и растений, N-ацетил-L-глутаматкиназа, не регулируется у *D. salina* сигнальным белком из семейства PII. Впервые доказано функциональное значение C-конца, прилегающего к консервативной Q-петле PII-белков зеленых водорослей и высших растений.

Конструирование и изучение гибридного PII-белка, объединяющего последовательности белков *D. salina* и другой зеленой водоросли – *Chlamydomonas reinhardtii*, позволили нам выяснить, за счет каких изменений в аминокислотной последовательности сигнальный белок галофильной водоросли утратил в процессе эволюции способность контролировать биосинтез аргинина через взаимодействие с N-ацетил-L-глутаматкиназой.

В работе доказана высказанная нами ранее гипотеза о том, что в процессе эволюции растений произошла специализация глутамин-контролируемых PII-белков, и в отличие от цианобактерий, у которых эти белки вовлечены в комплексную регуляцию метаболизма углерода и азота, у растений единственной консервативной мишенью остался фермент N-ацетил-L-глутаматкиназа. Полученные результаты также расширяют наше понимание механизмов толерантности к высокой солености среды.

Влияние эндофитного штамма *Bacillus subtilis* Ttl2 на иммунитет растений картофеля против возбудителя фитофтороза, опосредованный механизмом РНК-интерференции

The effect of endophytic strain *Bacillus subtilis* Ttl2 on the potato plant immunity against the causal pathogen of late blight mediated by the RNA-interference mechanism

Габдрахманова В.Ф., Сорокань А.В., Максимов И.В.

Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия
gabdrakhmanovavenera@gmail.com

Фитофтороз, вызываемый *Phytophthora infestans*, наносит урон посадкам картофеля. Фунгицидные средства защиты малоэффективны против оомицетов, быстро развивающих резистентность. Перспективными агентами биоконтроля считают эндофитные бактерии, воздействующие на иммунитет растений, в том числе и на механизмы РНК-интерференции (РНКи), что ещё требует изучения.

В ходе работы двухнедельные стерильные пробирочные растения картофеля сорта Ранняя Роза обрабатывались эндофитным штаммом *Bacillus subtilis* Ttl2 с инокуляцией суспензией спор *P. infestans* через семь дней. Спустя сутки из них выделялась РНК для определения экспрессии генов при помощи ПЦР в режиме реального времени. Фотофиксация проявления симптомов фитофтороза на листьях проводилась на 10 сутки после инфицирования.

B. subtilis Ttl2 снижала экспрессию гена *ago4-2* в образцах на 18% относительно контрольных образцов. Инфицирование *P. infestans* обработанных водой либо Ttl2 растений усиливала на 20% транскрипционную активность гена *ago4-1* в сравнении с контролем. Однако, обработка *B. subtilis* Ttl2 уменьшала площадь симптомов заболевания на листьях, что, вероятно, было связано с увеличением числа транскриптов защитных генов PR6, PR9 и гена фенилаланинаммонийлиазы, как было нами показано. Таким образом, при повышении устойчивости растений, показано влияние *B. subtilis* Ttl2 на экспрессию *ago4-1* и *ago4-2*, генов компонентов системы РНК и, связанных с метилированием ДНК, и PR-генов.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 24-26-00025.

Роль фитохромов в регуляции метаболизма аминокислот и углеводов в листьях томатов при различных соотношениях красного и дальнего красного света

Role of phytochromes in the regulation of amino acid and carbohydrate metabolism in tomato leaves under different ratios of red and far-red light

Голушко Н.И.¹, Билова Т.Е.^{1,2}, Соболева А.В.², Орлова А.А.², Силинская С.А.², Фролова Н.В.², Фролов А.А.², Пашковский П.П.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия
st078415@student.spbu.ru

Современные тепличные технологии нацелены на оптимизацию освещения для повышения урожайности и качества плодов. Томаты (*Solanum lycopersicum*) – важная культура, чей метаболизм можно регулировать светом. Фитохромы, чувствительные к красному (R) и дальнему красному свету (FR), влияют на рост и химический состав плодов, однако их роль в метаболизме томатов при разных спектральных режимах изучена недостаточно.

Цель исследования заключалась в изучении роли фитохромов в регуляции состава первичных метаболитов листьев томатов под влиянием различных соотношений R/FR (2, 1 и 0.5). Для этого использовались гомозиготные мутанты по генам основных фитохромов и растения дикого типа (WT), выращенные при указанных спектральных условиях. Анализ первичных метаболитов осуществлялся с помощью газовой и высокоэффективной жидкостной хромато-масс-спектрометрии.

Результаты показали, что фитохромы влияют на метаболизм томатов в зависимости от соотношения R/FR. У мутанта *phyA* при R/FR=1 снижался уровень сахарозы и повышалось содержание органических кислот. У *phyb2* при R/FR=0.5 возрастала концентрация аминокислот, включая аланин и фенилаланин. Двойной мутант *phyA,b2* при R/FR=2 демонстрировал повышение уровней тирозина, фенилаланина и аланина при снижении мио-инозитола. Наибольшие метаболические изменения при R/FR=2 затрагивали пути аланина, аспартата и глутамата. У *phyA,b2* (R/FR=2) и *phyb2* (R/FR=0.5) изменялся метаболизм фенилаланина, что может влиять на биосинтез фенольных соединений, определяющих питательную ценность плодов.

Результаты подтверждают роль фитохромов в регуляции метаболизма томатов при изменении спектра света. Выявлены изменения в метаболизме аминокислот и углеводов у фитохромных мутантов при разных R/FR. Это создает основу для изучения влияния света на вторичный метаболизм и качество плодов, что поможет разрабатывать световые режимы для улучшения питательной ценности и привлекательности томатов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (№ 23-14-00266).

Стрессовая устойчивость лишайника *Xanthoria parietina* к обезвоживаниюStress resistance of the lichen *Xanthoria parietina* to desiccationДаминова А.Г.¹, Лексин И.Ю.¹, Хабибрахманова В.Р.¹, Рассабина А.Е.¹, Гурьянов О.П.¹, Галеева Е.И.¹, Трифонова Т.В.¹, Beckett R.P.^{1,2}, Минибаева Ф.В.¹¹Казанский институт биохимии и биофизики, ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия;²School of Life Sciences, University of KwaZulu-Natal, Scottsville, South Africa

daminova.ag@gmail.com

Лишайники представляют собой организмы с феноменальной устойчивостью к действию неблагоприятных факторов среды. Среди механизмов высокой стрессовой устойчивости немаловажную роль играет синтез вторичных метаболитов. Цель работы: изучение роли антрахинона париедина в устойчивости лишайника *Xanthoria parietina* к обезвоживанию. Было проведено сравнение структурных и физиолого-биохимических характеристик бледно-зеленого, ярко-оранжевого талломов *X. parietina* и ярко-оранжевого, из которого париедин был удален путем промывки ацетоном. Относительные значения максимальной фотосинтетической активности фотосистемы II в ярко-оранжевых и промытых ацетоном талломах снижались схожим образом во время обезвоживания. В промытых ацетоном талломах уровень перекисного окисления липидов значительно увеличивался во время обезвоживания, тогда как в ярко-оранжевых талломах повышался незначительно. Индекс стабильности мембран во время цикла обезвоживание/регидратации оставался выше в ярких, чем в бледнопигментированных талломах. С помощью сканирующей и трансмиссионной микроскопии мы визуализировали микроструктуру срезов талломов. При визуализации ацетонового экстракта было обнаружено наличие игольчатых кристаллов париедина. Было проведено количественное определение париедина в ацетоновых экстрактах талломов. Методом термогравиметрии подтверждена роль париедина в улучшении водного обмена и структурной организации ярко-оранжевых талломов *X. parietina*.

Работа выполнена при поддержке РФФ № 23-14-00327 и частично в рамках ГЗ КИББ ФИЦ КазНЦ РАН.

Анализ экспрессии генов, кодирующих аквапорины подсемейств PIP и TIP, в процессе роста растяжением клеток coleoptiles проростков риса в норме и при затоплении

Expression analysis of genes encoding for aquaporins of PIP and TIP subfamilies during elongation growth of coleoptile cells of rice seedlings under normoxic and flooding conditions

Данелия Г.В., Бикташева М.О., Кирпичникова А.А., Шишова М.Ф.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

st086851@student.spbu.ru

Классической моделью для изучения уникального для растительных клеток процесса роста растяжением являются coleoptiles злаков. Усиление роста coleoptiles при прорастании в условиях затопления у риса рассматривается как один из механизмов устойчивости к недостатку кислорода (стратегия избегания гипоксии). Транскрипционная регуляция белков аквапоринов, формирующих водные каналы в плазмалемме и в тонопласте, считается важной для изменения интенсивности роста растяжением.

РНК экстрагировали из coleoptiles выращенных в условиях нормоксии и гипоксии (затопления) проростков риса (как контрольная, так и опытная группа выращивались в этиолированных условиях). Анализ интенсивности экспрессии генов аквапоринов плазмалеммы и тонопласта проводили с помощью ПЦР «в реальном времени» с обратной транскрипцией.

Из всех изученных генов статистически достоверные различия были выявлены лишь для *PIP1;1* и *PIP2;3* у быстрорастущего сорта Кубань 3. Динамика экспрессии генов, кодирующих различные аквапорины подсемейства PIP, у сорта Кубань 3 различалась: гены *PIP1;1*, *PIP2;4* и *PIP2;7* повышали экспрессию в условиях затопления, с максимумом на пятые сутки, тогда как гены *PIP2;2*, *PIP2;3* и *PIP2;6* в контрольных условиях наиболее активно транскрибировались на третьи сутки, а интенсивность их экспрессии при затоплении снижалась. Наибольшее соответствие с динамикой интенсивности роста было показано для генов *PIP1;1* и *PIP2;4* у сорта Кубань 3 как в контрольных, так и в опытных условиях. У медленно растущего сорта Аметист динамика экспрессии генов *TIP2;1* и *TIP3;1* была схожей, тогда как у Кубани 3 эти два гена показывали противоположные друг другу изменения экспрессии как в ходе роста растяжением, так и при анаэробном прорастании по сравнению с аэробным. Таким образом, экспрессия исследуемых генов происходит различно у двух различающихся по интенсивности роста сортов в нормоксических и гипоксических условиях.

Оптимизация минерального питания *Beta vulgaris* L. *in vitro* для интенсификации биотехнологических процессов

Optimization of mineral nutrition of *Beta vulgaris* L. *in vitro* to intensify biotechnological processes

Донских Е.И., Колесникова Е.О., Бердников Р.В.

Селекционно-генетический центр ООО «СоюзСемСвекла», Воронежская область, Россия
donskikhei@souzssemsvekla.ru

Оптимизация этапов микроклонального размножения актуальна на сегодняшний день в связи с необходимостью увеличения скорости селекционного процесса экономически важных сельскохозяйственных культур. Основными составляющими питательных сред являются макроэлементы, которые участвуют в биохимических и физиологических процессах. Азот, добавляемый в среды в форме нитрата калия (KNO_3), входит в состав белков, жиров и нуклеиновых кислот растений. Калий необходим для регуляции pH внутренней среды, осмотического давления клеток. В целом KNO_3 важен для целенаправленного развития растений: ускоряет процесс фотосинтеза, способствует формированию устойчивости к заболеваниям, влияет на скорость роста корней, что имеет значение при ускоренном выращивании растений *Beta vulgaris* L. в контролируемых условиях.

Целью работы стало выявление эффективной концентрации KNO_3 при культивировании растений сахарной свеклы *in vitro*. Для исследования была произведена модификация питательной среды, применяемой нами в настоящее время в процессе микроклонирования *Beta vulgaris*. Установлено, что снижение концентрации KNO_3 в четыре раза в отсутствие гормонов стимулировало образование корневой системы у 75% микроклонов. При культивировании растений на питательной среде, содержащей половинную концентрацию KNO_3 в присутствии гормонов, коэффициент размножения был увеличен в два раза. Очевидно, снижение содержания ионов N и K создало условия для более эффективного корнеобразования и образования побегов за счет изменения уровня и активности веществ, участвующих в процессе развития растений. Полученные результаты были применены в технологии массового производства микроклонов *in vitro* с целью получения штеклингов сахарной свеклы *ex vitro* для селекционных работ. Новые подходы позволили получить высокие результаты при выращивании трудно культивируемых генотипов. Данные разработки способствовали увеличению масштабов биотехнологических работ, что крайне важно при создании отечественных гибридов.

Продуктивность и качество мини-клубней картофеля при использовании смеси модифицированного хитозана с бактериями *Bacillus subtilis* при оптимальных условиях выращивания и на фоне вирусного заражения

Productivity and quality of potato mini-tubers using a mixture of modified chitosan with *Bacillus subtilis* 47 bacteria under optimal conditions and under viral infection

Еловская Н.А.¹, Рыбинская Е.И.¹, Николайчук В.В.²

¹Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь;

²Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
yalouskaya92@mail.ru

Несмотря на активное внедрение в агропромышленный комплекс, биопрепараты имеют ряд ограничений, связанных с уязвимостью микроорганизмов перед окружающей средой. Для решения данной проблемы можно использовать сочетание биопрепаратов с биологически активными соединениями, которые способны поддерживать жизнедеятельность бактерий и стимулировать метаболические процессы растений.

Цель работы – исследование влияния конъюгата хитозан-кофейная кислота отдельно и в смеси с бактериями *Bacillus subtilis* 47 на продуктивность и качество мини-клубней картофеля в оптимальных условиях выращивания и на фоне инфицирования Y-вирусом. Обработку адаптированных оздоровленных растений картофеля путем опрыскивания листовой поверхности отдельно конъюгатом хитозан-кофейная кислота (Хит-КК) и его смесью с бактериями *Bacillus subtilis* 47 (Хит-КК + B.s. 47) проводили дважды за 3-е и на 6 сутки до и после искусственного заражения Y вирусом.

Анализ продуктивности картофеля показал, что двухкратная обработка растений как отдельно Хит-КК и B.s. 47, так и смесью Хит-КК + B.s. 47 достоверно увеличивает массу мини-клубней здоровых и зараженных растений, при этом среднее число мини-клубней увеличивается (обработки Хит-КК и смесью с B.s. 47) в оптимальных условиях и снижается – при инфицировании. У здоровых растений, обработанных смесью Хит-КК + B.s. 47, изменялось качество мини-клубней: увеличивалось содержание в них сухого вещества, крахмала, белков и аскорбиновой кислоты. Тогда как при заражении Y вирусом обработка растений исследуемыми соединениями наиболее значительно стимулировала накопление белка как по сравнению со здоровым, так и с инфицированным контролями.

Обработка растений картофеля отдельными соединениями и в значительной степени смесью конъюгата хитозан-кофейная кислота с бактериями *Bacillus subtilis* 47 стимулирует увеличение продуктивности и улучшение качества мини-клубней как в оптимальных условиях, так и на фоне вирусного заражения.

Изменчивость состава вторичных метаболитов лишайников *Hypogymnia vittata* и *H. subduplicata*
 Variability of the composition of secondary metabolites of the lichens *Hypogymnia vittata* and *H. subduplicata*

Жолобова Ж.О., Прокопьев И.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

zhannolobova@mail.ru

Проведено исследование состава вторичных орциноловых дипсидонов у двух морфологически похожих видов *Hypogymnia* – *H. vittata* (Ach.) Parrique и *H. subduplicata* (Rass.) Rass. Для исследования были использованы образцы лишайников из гербария Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE). Всего проанализировано 67 образцов, большинство из которых относились к *H. vittata*. Состав вторичных метаболитов был выявлен с помощью метода ВЭЖХ.

H. vittata имеет узкие удлинённые лопасти с темной каймой по краю и мелкими пальцевидными вторичными лопастиками. Соралии многочисленны и хорошо развиты. *H. subduplicata* имеет более широкие лопасти без каймы, немногочисленные и слабо развитые соралии. Все образцы объединяло наличие в коровом слое β-орциноловых депсидов – атранорина и хлоратранорина, а также медуллярных орциноловых депсидонов – 3-гидроксифизодовой и физодовой кислот, в целом характерных для этого рода. Для *H. vittata* было выявлено три хемотипа, два из которых отличались наличием (хемотип I) или отсутствием (хемотип II) виттатоловой кислоты. Данные хемотипы составляли большинство исследованных образцов. При этом для хемотипов I и II не было выявлено четкой приуроченности к субстрату или географическому распространению.

Особый интерес представлял хемотип III, в котором отсутствовала 3-гидроксифизодовая кислота и содержалась 2'-О-метилфизодовая кислота. Находки, относящиеся к этому хемотипу, приурочены к территории Сибири и Дальнего Востока. Основываясь на данных этикеток, было выявлено, что данный хемотип в большинстве случаев был обнаружен на почве. Исследования состава вторичных метаболитов *H. subduplicata* выявило, что помимо атранорина и хлоратранорина в коровом слое и 3-гидроксифизодовой и физодовой кислот в сердцевине, для этого вида характерно наличие ливидовой кислоты. Находки этого вида немногочисленны (всего три) и относятся к территории Дальнего Востока.

Исследование выполнено при поддержке федеральной научно-технической программы развития генетических технологий (проект № 2021-1930-ФП5-9/3).

Тайная жизнь корневой системы Тыквенных: регулируют ли гены *DEEPER ROOTING1* угол наклона боковых корней у огурца (*Cucumis sativus*)

The secret life of cucurbits root system: do *DEEPER ROOTING 1* (*DRO1*) genes regulate the lateral root slope angle in cucumber (*Cucumis sativus*)

Кирюшкин А.С., Ильина Е.Л., Демченко К.Н.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

akiryushkin@binran.ru

Формирование архитектуры корневой системы реализуется в ответ на изменения условий окружающей среды за счёт изменения нескольких параметров: скорости роста корней, плотности боковых корней, а также ориентации боковых и придаточных корней в пространстве под определённым углом.

Одним из генов, регулирующих угол наклона боковых корней, является *DEEPER ROOTING 1* (*DRO1*). Его ортологи были идентифицированы у риса, *Arabidopsis* и некоторых других видов. Однако ничего не известно о формировании угла наклона боковых корней у видов с инициацией примордиев боковых корней в пределах апикальной меристемы родительского корня. Чтобы устранить этот пробел был проведён детальный функциональный анализ ортологов гена *DRO1* у огурца (*Cucumis sativus*).

С помощью филогенетического анализа было идентифицировано три гена *DRO1* у огурца: *CsDRO1*, *CsDRO1-LIKE1* (*CsDRO1L1*) и *CsDRO1-LIKE2* (*CsDRO1L2*). С использованием метода ПЦР в режиме реального времени были проанализированы различия в транскрипционном ответе генов *CsDRO1*, *CsDRO1L1* и *CsDRO1L2* на экзогенный ауксин. Результаты показали, что только *CsDRO1L1* является чувствительным к ауксину. Анализ паттерна тканевой активности промоторов с помощью лазерной сканирующей конфокальной микроскопии показал, что гены *CsDRO1*, *CsDRO1L1* и *CsDRO1L2* экспрессируются в меристеме в рядах клеток центрального цилиндра, эндодермы и коры; в корнях огурца

эти три гена имеют различный характер экспрессии и лишь частично перекрываются. Нокаут генов *CsDRO1*, *CsDRO1L1* и *CsDRO1L2* по отдельности был осуществлен с помощью системы редактирования CRISPR/Cas9. Было показано, что нарушение функционирования отдельных генов *DRO1* не влияет на формирование угла наклона во время развития примордиев боковых корней в апикальной меристеме родительского корня огурца [Kiryushkin et al., 2024. Int. J. Mol. Sci. 25: 1975].

Работа выполнена в рамках темы Государственного задания БИН РАН (№ 124020100138-4).

Использование метаболомного подхода для изучения действия пинолидоксина на растения

Using the metabolomic approach to study effects of pinolidoxin on plants

Клюбина А.В.¹, Шаварда А.Л.², Берестецкий А.Л.³

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

³Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия
klyubinaalya@mail.ru

Пинолидоксин является вторичным метаболитом гриба *Didymella pinodes* – патогена гороха. Этот десятичленный макролактон обладает фитотоксическими свойствами, однако его роль в развитии гриба-продуцента и механизмы действия на чувствительные растения не изучены. Цель работы состояла в том, чтобы оценить влияние пинолидоксина на биохимическое состояние листьев гороха посевного с помощью метаболомного подхода.

Гриб культивировали на субстрате на основе перловой крупы, после чего биоматериал экстрагировали 50% водным уксусом, а получившуюся водную фазу – этилацетатом. Выделение токсина из экстрактов осуществляли хроматографическими методами. Растения гороха опрыскивали раствором пинолидоксина в 5% этаноле. Листовые пробы отбирали через 4, 24 и 48 часов после обработки и замораживали жидким азотом. Метаболиты растения извлекали из листьев 50% метанолом. Неполярные соединения удаляли с помощью хлороформа, а полярную фракцию анализировали методом газовой хроматографии с масс-селективным детектором. Обработку результатов проводили с применением статистических программ.

Всего в изученных растительных тканях было обнаружено около 200 соединений и определено их количественное содержание, порядка 80 из них удалось идентифицировать. Спектр детектированных и идентифицированных соединений относился как к первичному, так и ко вторичному метаболизму гороха. Метаболитные профили контрольных экстрактов различались незначительно. Экстракты, полученные из листьев, обработанных токсином и отобранных через 24 и 48 часов после обработки, имели статистически значимые различия. Таргетный анализ метаболитных профилей выявил увеличение концентрации соединений, отвечающих за стрессоустойчивость растений, и уменьшение содержания веществ, участвующих в шикиматном и фенилпропаноидном метаболических путях. Таким образом, было показано, что пинолидоксин является стресс-фактором для растений гороха. Дальнейшие исследования патогенности и анализ экспрессии защитных генов при воздействии токсина позволит уточнить один из его возможных механизмов действия на растения.

Сравнительный анализ паттерна тканевой активности промотора гена *SCARECROW Arabidopsis thaliana* и его ортолога в меристеме родительского корня огурца (*Cucumis sativus*)

Comparative analysis of tissue activity pattern of the *SCARECROW* gene promoter of *Arabidopsis thaliana* and its ortholog in the parental root meristem of cucumber (*Cucumis sativus*)

Кукушкин В.С., Ильина Е.Л., Кирюшкин А.С., Демченко К.Н.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
vkukushkin@binran.ru

Изучение механизмов образования боковых корней (БК) является актуальной темой биологии развития растений. Исследование развития БК проводится, в основном, на *Arabidopsis thaliana*, для которого характерна инициация БК выше зоны растяжения, а также отсутствие вовлечения клеток эндодермы в формирование примордия БК. В развитии бокового корня у огурца (*Cucumis sativus*) и других Тыквенных, в отличие от *Arabidopsis*, участвуют не только клетки перицикла, но также клетки эндодермы и коры. Представляется перспективным использовать экспрессию *SCR* как маркер эндодермы при изучении развития БК в связи с исключительно тканеспецифичным характером активности промотора.

Для изучения тканевой активности промоторов гена *SCARECROW A. thaliana* (*AtSCR*) и его ортолога у *C. sativus* (*CsSCR*) были получены генетические конструкции, в состав которых входят репортерные

слияния промоторов генов интереса с геном *mNeonGreen* и кассета *pDR5::mRuby3-H2B* для локализации максимумов клеточного ответа на ауксин. С использованием методики агробактериальной трансформации были получены трансгенные корни. Локализация паттерна активности промоторов генов интереса была проведена с помощью конфокальной лазерной сканирующей микроскопии на продольных и поперечных срезах корней.

В пределах апикальной меристемы корня огурца активность промоторов генов *AtSCR* и *CsSCR* наблюдалась исключительно в эндодерме, начиная с инициальных клеток в случае *CsSCR* и с клеток покоящегося центра в случае *AtSCR*. В клетках эндодермы, вовлечённых в формирование примордия, клетки, расположенные по центру, теряли экспрессию *CsSCR*, в то время как экспрессия *AtSCR* сохранялась. По мере удаления от инициалей рядов клеток экспрессия *CsSCR* и *AtSCR* в эндодерме ослаблялась. Тем не менее, в зоне растяжения клетки примордиев снова приобретали способность к экспрессии *CsSCR* и *AtSCR*, что связано с формированием клеток эндодермы нового БК. В докладе обсуждаются механизмы изменения характера экспрессии *SCR* в клетках эндодермы, вовлечённых в развитие БК.

Влияние дефицита калия на развитие автофагии у линий *Arabidopsis thaliana* с изменёнными компонентами жасмонатного и фитохромного сигналинга

The effect of potassium deficiency on the induction of autophagy in *Arabidopsis thaliana* lines with altered components of jasmonate and phytochrome signalling

Лыкова Т.Ю., Муртузова А.В., Тютерева Е.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова, Санкт-Петербург, Россия
renard.roux@mail.ru

Калий важен для успешной адаптации растений к стрессам абиотической природы. Этот важный макроэлемент и осмотик растительной клетки участвует в создании и регуляции мембранного потенциала, а утечка цитоплазматического калия при стрессе приводит к запуску автофагии – процесса деградации внутриклеточных компонентов с помощью двумембранных везикул (автофагосом) для поддержания клеточного гомеостаза. Автофагия в клетках растений является одним из ключевых процессов метаболизма и поддерживается на базальном уровне при благоприятных условиях среды, но интенсифицируется при стрессах, в том числе недостатке питательных веществ или энергии.

Роль автофагии в ответных реакциях на абиотические стрессы при изменённом жасмонатном сигналинге и нарушенной функции фоторецепторов остается малоизученной. Цель работы состояла в исследовании влияния дефицита калия на развитие макроавтофагии у линий *Arabidopsis thaliana* с изменёнными компонентами жасмонатного и фитохромного сигналинга. Исследование проводилось на линии дикого типа Col-0 и нескольких мутантных линиях *Arabidopsis thaliana*: (1) *JazQ*, которая является нокаутом по пяти генам репрессорных белков жасмонатного сигналинга, характеризуется гиперактивацией жасмонатных ответов, (2) *PhyB-9* — нокаут по гену фоторецептора фитохрома В, необходимого для восприятия освещенности растением, активации фотоморфогенеза и взаимодействия с регуляторами жасмонатного ответа, а также (3) гибридной линии *JazQxPhyB*.

В работе были проанализированы изменения морфометрических параметров проростков и уровень базальной и стресс-индуцированной автофагии в клетках корня с помощью флуоресцентной микроскопии с использованием специфического красителя монодансилкадаверина у проростков, выращенных на четырех средах с нормальным и низким содержанием калия, а также разными источниками углерода – сахарозой или глюкозой.

Работа выполнена в рамках гос. задания № 123022200048-0.

Антимикробная активность экзометаболитов из погруженной культуры *Fomitopsis betulina*

Antimicrobial activity of exometabolites from *Fomitopsis betulina* submerged culture

Лысакова В.С., Синева О.Н., Исакова Е.Б., Краснопольская Л.М.

Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков имени Г.Ф. Гаузе, Москва, Россия
valera.lisackowa@yandex.ru

Базидиальный гриб – березовая губка *Fomitopsis betulina* (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai (2016) – продуцент биологически активных метаболитов. Цель работы состояла в отборе штамма *F. betulina* с высокой антимикробной активностью и разработке базового способа его культивирования. В работе использовали четыре штамма *F. betulina*, выделенные из плодовых тел, собранных в Москве, Московской, Рязанской и Мурманской областях. Штаммы *F. betulina* выращивали в погруженной культуре. Оценивали антимикробное действие экстрактов культуральной жидкости (кж) и погруженных биомасс. Тестирование

методом диффузии в агар показало, что экстракты кж всех штаммов обладали выраженной активностью в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, антифунгальная активность у них отсутствовала. Диаметр зон ингибирования роста *Staphylococcus aureus* варьировал от 25 до 27 мм, роста *Pseudomonas aeruginosa* – от 15 до 24 мм. Экстракты погруженной биомассы не проявили целевой активности. Результаты определения минимальной подавляющей концентрации (МПК) экстрактов кж выявили наиболее активный штамм-продуцент – *F. betulina* 3. МПК этого препарата в отношении клинических штаммов *S. aureus* и *S. haemolyticus* составила 320 мкг/мл, что позволяет его отнести к высокоактивным экстрактам.

В ходе биотехнологических исследований были изучены трофические потребности штамма *F. betulina* 3 и предложен качественный состав питательной среды, определена оптимальная длительность культивирования. В результате сравнительного изучения растворителей. был отобран наиболее эффективный экстрагент для извлечения целевых экзометаболитов.

Антимикробный потенциал грибов рода *Emericellopsis*

Antimicrobial potential of fungi of the genus *Emericellopsis*

Малышева К.В.¹, Садыкова В.С.¹, Соколов В.В.¹, Георгиева М.Л.^{1,2}

¹Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе, Москва, Россия;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

malishevaks@yandex.ru

Род *Emericellopsis* J.F.H. Веума относится к семейству *Bionectriaceae* порядка *Hypocreales* отдела *Ascomycota*. На основании субстратной приуроченности и молекулярно-генетических признаков на филогенетическом дереве род можно условно разделить на три хорошо поддерживаемые клады: наземные, морские и содовые. К настоящему моменту род *Emericellopsis* включает 29 видов. Впервые в 1957 году у *E. salmosynnemata* был обнаружен цефалоспорин N, и с этого времени началось активное изучение представителей рода как продуцентов антибиотиков. К основным группам антибиотиков, продуцируемых родом *Emericellopsis*, относятся β-лактамы, пептаболы, терпены, дитерпены и др.

Последние 30 лет фокус внимания с продуцентов β-лактамов антибиотиков сместился на поиск продуцентов антимикробных пептидов, в том числе пептаболов. Особый интерес для поиска новых антибиотиков представляют недавно описанные виды и штаммы известных видов, выделенные из нетипичных местообитаний. Так, выделенные из морских субстратов и недавно описанные *E. atlantica* и *E. cladophorae* имеют кластеры генов BSG, а алкалофильный *E. alkalina*, обнаруженный в содовых солончаках и сильно засоленных внутриконтинентальных водоемах, синтезирует эмерициллипины А – D с противогрибковой активностью. *E. salmosynnemata* синтезирует зервамицины, антиамоебины, *E. donezkii* – бергофунгины А – D, *E. exuviaria* – акреболы, *E. microspora* и *E. minima* – антибактериальные эмеримицины, *E. fimetaria* – антиамоебины, мирочин В и F, *E. glabra* – цефалоспорины, *E. terricola* – гелволовую кислоту, *E. maritima* – производные эремофилина с цитотоксической и противогрибковой активностью, *E. tubakii* – цефаболы, эмеримицины.

Коллекция НИИНА на данный момент включает 38 штаммов *E. alkalina*, 33 из которых продуцируют эмерициллипин А с противогрибковой активностью. Дальнейшее изучение штаммов *Emericellopsis* имеет большой потенциал, как в описании новых видов, так и в поиске новых биологически активных соединений.

Состав молекулярных видов фосфолипидов плодовых тел зимнего опенка *Flammulina velutipes*

Composition of phospholipid's molecular kinds of *Flammulina velutipes* fruit bodies

Манжиева Б.С.¹, Сеник С.В.¹, Хакулова А.А.², Котлова Е.Р.¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

bmanzhieva@binran.ru

Фосфолипиды (ФЛ) составляют основу биологических мембран и играют решающую роль в определении физических и химических свойств мембраны. Между липидным составом мембран и процессами роста и развития клеток существует тесная взаимосвязь. Целью работы было изучение распределения мембранных ФЛ в разных частях плодовых тел *Flammulina velutipes* для дальнейшей оценки роли липидов в морфогенезе базидиом.

Плодовые тела *F. velutipes* LE-BIN 1483 выращивали при температуре 15°C и затем разделили на ножки (верхняя и нижняя части), шляпки (трама с гименофором) и пилеипеллис (кожица шляпки).

Экстракцию липидов проводили по Nichols *et al.* Структурное разнообразие молекулярных видов ФЛ определяли с помощью жидкостной хроматографии на масс-спектрометре с тройным квадруполом Shimadzu LCMS-8030. Визуализация данных с помощью метода главных компонент в программе Metaboanalyst 6.0 позволила обнаружить, что точки, являющиеся отражением фосфолипидомов грибных клеток, в системе координат 1 и 2 главных компонент сгруппировались в семь кластеров, соответствующих определенной ткани гриба, при этом шляпки разного возраста статистически различались по составу ФЛ, а разновозрастные ножки не имели отличий. В ножках плодовых тел наблюдалось увеличение молекулярных видов ФХ и ФЭ, содержащих линоленовую кислоту: 18:3_18:3, 16:0_18:3 18:2_18:3, а в шляпках и пилеипеллисе происходило накопление более насыщенных молекулярных видов 18:2_18:2ФХ и ФЭ, 18:1_18:2ФХ и ФЭ, 15:0_18:2ФЭ. Ранее было показано, что накопление линоленовой кислоты в составе ФЛ характерно для наиболее активно растущих клеток периферической зоны колоний *F. velutipes* и в онтогенезе на самых ранних этапах развития грибов. Для полярного роста необходим постоянный приток мембранного материала к кончику гифы, что требует пластичности мембран обеспечиваемой ненасыщенностью липидного состава. Рост ножек плодового тела происходит наиболее быстро, и вероятно нуждается в повышенном содержании линоленовой кислоты. Таким образом, исследование подтвердило предположение о том, что линоленовая кислота является маркером процессов полярного роста.

Создание трансгенных растений томата (*Solanum lycopersicum* L.), экспрессирующих гены растительных антимикробных пептидов

Development of transgenic tomato plants expressing plant antimicrobial peptides genes

Михель И.М.^{1,2}, Рогожин Е.А.^{2,3}, Халилуев М.Р.¹

¹Всероссийский НИИ сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия;

²Всероссийский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия;

³Институт биоорганической химии имени им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Москва, Россия

joseph.mikhel@yandex.ru

Патогенные микроорганизмы являются причиной более 200 заболеваний томата. Помимо химических и биологических средств и селекции устойчивых сортов, для повышения устойчивости томата к болезням могут быть использованы генно-инженерные подходы. В их числе создание трансгенных растений, экспрессирующих антимикробные пептиды (АМП).

Была проведена агробактериальная трансформация томата селекционной линии ЯЛФ тремя бинарными векторами на основе плазмиды pC2301, в которые были клонированы рекомбинантные белок-кодирующие последовательности генов трех растительных АМП: Sm-AMP-D2 и Sm-AMP-X из сорного растения *Stellaria media* L. и NsLTP1 из *Nigella sativa* L. Ранее была показана активность данных пептидов против ряда экономически значимых патогенов томата (*Botrytis cinerea*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Phytophthora infestans*). Для генов, кодирующих АМП, использованы три сильных растительных промотора (для Sm-AMP-D2 и Sm-AMP-X – собственные промоторы, для NsLTP1 – промотор гена гевеинподобного пептида SmAMP1 из *S. media*). Для трансформации использованы экспланты семядолей томата и суспензия *Agrobacterium tumefaciens* штамма AGL0.

Получены восемь трансгенных линий томата ЯЛФ с геном, кодирующим Sm-AMP-D2, и по две линии с генами, кодирующими Sm-AMP-X и NsLTP1. Присутствие трансгенной вставки подтверждено данными ПЦР. Шесть линий сформировали плоды и семена. Продолжается отбор первичных трансформантов, проведены молекулярно-генетические исследования и анализ экспрессии генов АМП для полученных ранее линий.

Влияние спектрального состава света на морфогенез и метаболическую активность ювенильных растений моркови посевной (*Daucus carota* L.)

Effect of light spectrum on morphogenesis and metabolic activity of juvenile carrot plants (*Daucus carota* L.)

Морозов Я.В.¹, Багрецова М.Р.², Тараканов И.Г.²

¹Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия;

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия
q666666@ya.ru

Повышение эффективности технологий выращивания сельскохозяйственных культур в условиях искусственного освещения становится все более актуальным в связи с созданием биотехнических систем жизнеобеспечения (БТСЖО) для членов экспедиций в труднодоступные районы Земли и экипажей космических кораблей в длительных космических экспедициях. Все известные в настоящее время варианты звена высших растений для БТСЖО экипажей, работающих в экстремальных условиях, имеют в своем составе морковь. Варьирование показателями оптимального светового режима дает возможность управлять метаболизмом и формировать структуру растений, наиболее выгодную с хозяйственно-полезной точки зрения. Синий свет является одним из наиболее активных компонентов в области ФАР, оказывающим значительное влияние практически на все процессы жизнедеятельности растений. Целью наших экспериментов явилось изучение морфогенеза и метаболической активности ювенильных растений моркови при повышении доли синего света в спектре. Растения выращивали гидропонным методом под белыми светодиодами (СД) в течение 12 суток, а на 13-е сутки часть растений переносили под светильники на основе синих, красных и зеленых СД с различной долей синего света в спектре. Опыты показали, что увеличение доли синего света с 18% до 50% в течение трех суток увеличило скорость поглощения минеральных ионов и уменьшило длину главного корня, но не повлияло на высоту побегов и массу 17-дневных растений моркови. Такое изменение структуры растений повышает риск формирования мелких корнеплодов, снижения урожайности и коэффициента хозяйственного использования.

Транскрипционные факторы NLP и их мишени в ответе на нитрат у картофеля

NLP transcription factors and their targets in the nitrogen response in potato

Мыскова А.В., Ганчева М.С., Рутковская Е.М., Лебедева М.А., Лутова Л.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
nanateiubesc@gmail.com

Транскрипционные факторы (ТФ) NLP (NIN-like proteins) являются ключевыми регуляторами ответа на нитрат у растений. Среди всего семейства этих белков, ТФ NLP7 у *Arabidopsis thaliana* играет роль сенсора нитрата и показано, что он регулирует экспрессию большинства известных генов, задействованных в сигналинге и ассимиляции нитрата. Клубнеобразование картофеля также сильно зависит от содержания нитрата в среде, однако роль ТФ NLP не была ранее изучена.

По результатам нашей работы, ближайшими гомологами гена *NLP7 Arabidopsis thaliana* у картофеля *Solanum tuberosum* оказались гены *StNLP3* и *StNLP5*. Для изучения их функции были получены генетические конструкции для сверхэкспрессии и геномного редактирования и трансформированы растения картофеля с помощью *Agrobacterium tumefaciens*. Также, одной из задач в составлении характеристики семейства NLP у картофеля стал поиск их возможных мишеней. NLP являются ТФ, распознающими специфические сайты в нитрат-регулируемых генах, названные nitrate-response elements (NRE). Мы обнаружили мотивы, схожие с NRE в промоторах различных генов картофеля, и проверили, взаимодействуют ли с ними ТФ *StNLP3* и *StNLP5* с помощью одноклеточной дрожжевой системы. Так было проверено возможное взаимодействие ТФ *StNLP3* и *StNLP5* с промоторной областью гена *StCLE4* – чувствительного к азоту представителя семейства сигнальных пептидов CLE. Однако нами не было показано взаимодействие белков *StNLP3* и *StNLP5* картофеля с участком промотора *StCLE4*.

Другим семейством пептидных гормонов, задействованных в реакции на азот, являются сигнальные пептиды CEP (C-terminal encoded proteins). Нами показано, что ряд генов *StCEP* в корнях экспрессируется на более высоком уровне в условиях азотного голодания у картофеля, и у *StCEP1* присутствует сайт NRE в промоторе. Мы обнаружили взаимодействие транскрипционного фактора NLP5 картофеля с промотором гена *StCEP1* и показали возрастание экспрессии самого гена *StNLP5*, а также возможных мишеней действия пептидов CEP у картофеля – *StCEPD1* и *StCEPD2* – в листьях растений со сверхэкспрессией *StCEP1* в корнях.

Активность ФАЛ и ПФО и содержание фенолкарбоновых кислот в проростках ячменя при обработке семян конъюгатами хитозана с оксикоричными кислотами

The PAL and PPO activities and the phenolic acids content in barley seedlings with chitosan and hydroxycinnamic acids conjugates treatment

Овчинников И.А.¹, Николайчук В.В.²

¹Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь;

²Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

igor-1606@mail.ru

К числу важнейших индуцированных механизмов защиты растений относится синтез фенольных соединений — наиболее распространенных в растениях представителей вторичного метаболизма, которые принимают непосредственное участие в защите и адаптации клеток. В настоящее время достаточно полно изучена структура синтезируемых в растениях фенольных соединений и исследованы их свойства, выяснены пути их биосинтеза, а также ферменты, участвующие в этих процессах. В последнее время отмечается активное применение экзогенных оксикоричных кислот в качестве индукторов устойчивости к абиотическим стрессам и регуляторов роста растений. Однако оксикоричные кислоты обладают недостатками, заключающимися в плохой растворимости, низкой биодоступности. Одним из способов изменения их биодоступности является связывание с полимерами-носителями. В этом плане одним из перспективных биополимеров является хитозан.

Цель данной работы — исследовать активность ФАЛ (фенилаланинаммиакилаза) и ПФО (полифенолоксидаза) и содержание фенолкарбоновых кислот у проростков ячменя в оптимальных и стрессовых условиях при обработке семян конъюгатами хитозана с оксикоричными (феруловой и кофейной) кислотами. Растения ячменя сорта Добры выращивали рулонным методом. Солевой стресс создавали, помещая рулоны с 5-и дневными растениями в 4 %-ный раствор NaCl на 24 часа, после чего растения переносили обратно на воду. Биохимические показатели определяли на 6-е (стресс) и 10-е (постстресс) сутки.

Выявлено, что обработка семян конъюгатами хитозана с оксикоричными кислотами (Хит-КК и Хит-ФК) вызывает снижение активности ферментов в листьях проростков ячменя как в оптимальных, так и в стрессовых условиях выращивания, а также снижается ПФО в корнях, хотя в то же время в корнях отмечался рост активности ФАЛ в оптимальных условиях и в стрессе — при использовании Хит-ФК. В органах проростков из обработанных семян наблюдали снижение содержания фенолкарбоновых кислот. В постстрессовый период наблюдалось снижение активности ферментов и содержания фенолкарбоновых кислот в листьях и корнях проростков из опытных вариантов. Вероятно, экзогенная обработка ФК и КК в виде конъюгата с хитозаном обусловила повышение эндогенного уровня ФС в тканях при прорастании, что в последствии привело к снижению активности ФАЛ и ПФО, и общего содержания фенолкарбоновых кислот в проростках ячменя.

Влияние интенсивности освещения на фотосинтез и транскриптомные профили листьев мутанта ячменя *chlorina-f2.3613*

Effects of light intensity on photosynthesis and transcriptomic profiles of leaves in *chlorina-f2.3613* barley mutant

Павлов И.Б., Тютерева Е.В., Войцеховская О.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ipavlov@binran.ru

Линия *chlorina-f2.3613* ячменя несёт мутацию в гене хлорофиллид-*a*-оксигеназы, приводящую к полной потере хлорофилла *b*. Эффективность использования света в световых реакциях фотосинтеза у мутантов *chlorina* выше, чем у дикого типа. Известны случаи формирования мутантом *chlorina-f2.3613* высокопродуктивного фенотипа, однако, продуктивность мутанта в поле снижена, ввиду сильного плейотропного эффекта мутации, проявляющегося в разных аспектах физиологии растения. До сих пор неизвестно, чем обусловлен плейотропный эффект мутации, и какие изменения в физиологии мутанта приводят к формированию высокопродуктивного фенотипа.

Выращивание мутанта ячменя в условиях светодиодного освещения интенсивностью 1500 мкмоль фотонов/м²с привело к формированию им фенотипа, отличающегося повышенной вегетативной продуктивностью, что выражалось в резком усилении кущения, накоплении хлорофилла *a* и снижении доли отмирающей биомассы. Дикий тип в этих условиях формировал карлико-подобный фенотип. Показаны отличия в функционировании ФЭТЦ: для дикого типа отмечалась высокая лимитация ФСΙ акцепторами электронов Y(NА), тогда как у *chlorina-f2.3613* этот параметр снижался. Подобных эффектов

не наблюдалось при сравнении растений ячменя контрольных групп, которые выращивались при пониженной до 600 мкмоль фотонов/м²с освещенности.

Сравнение транскриптомных профилей показало, что высокий свет вызывает у мутанта снижение активности киназных сигнальных путей, однако фотосинтетические и метаболические процессы, напротив, активируются, чем может объясняться гиперпродукция биомассы. Оказалось, что высокопродуктивная форма мутанта успешно адаптировалась к избыточной освещенности, в то время как для дикого типа эти условия вызывали сильный стресс. В частности, у мутанта активировались гены, связанные с путями циклического транспорта электронов, гены антиоксидантной защиты, а также гены ферментов цикла Кальвина и биосинтеза хлорофилла.

Анализ влияния стрессовых факторов на дифференцировку бактериоидов в клубеньках сои уссурийской (*Glycine soja*)

Analysis of the influence of stress factors on the differentiation of bacteroids in nodules of wild soybean (*Glycine soja*)

Перцев В.С.¹, Китаева А.Б.², Кускин П.Г.², Цыганов В.Е.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия
v.pertsev@arriam.ru

Соя уссурийская (*Glycine soja*), родственный вид сои культурной (*G. max*), представляет огромный интерес для изучения, так как является потенциальным источником генов устойчивости. Известно, что оба вида сои способны вступать в симбиотические отношения с различными видами ризобий с образованием детерминированных клубеньков, в которых бактериоиды остаются малодифференцированными и сохраняют способность к размножению. Однако, недавно проведенное исследование показало, что в клубеньках *G. soja* могут образовываться бактериоиды, значительно различающиеся по размеру.

В данном исследовании показано, что при выращивании *G. soja*, инокулированной штаммами *Bradyrhizobium liaoningense* 04656, *B. japonicum* 2490, *Sinorhizobium fredii* 04654, в условиях оптимальной (28°C) и пониженной (21 и 18°C) температуры наблюдались различия в длине бактериоидов. В клубеньках растений, выращенных при 21°C, отдельные бактериоиды приобретали характерную плеоморфную форму, а также значительно увеличивались в размерах по сравнению со свободноживущими бактериями и достигали 20 мкм. При более низкой и оптимальной температурах (18 и 28°C) вариация в размерах бактериоидов была выражена слабее. Выращивание растений в условиях засухи и засоления не привело к изменению в вариации длины бактериоидов. Было выявлено повышение нитрогеназной активности в клубеньках растений, выращенных при пониженной температуре (21°C). Также были показаны значительные различия в дифференциальной экспрессии генов в клубеньках растений, выращенных при 28 и 21°C.

Identification of new potential participants in the systemic regulation of nodulation of *Medicago truncatula* among peptides of the CLE and CEP families

Выявление новых потенциальных участников системной регуляции клубенькообразования у люцерны среди пептидов семейств CLE и CEP

Петренко В.А., Рубцова Д.Н., Лебедева М.А., Лутова Л.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
drpetrenko@yandex.ru

The symbiosis between rhizobia and Fabaceae family plants is an exceptional occurrence that permits plants to engulf atmospheric nitrogen due to endogenous microorganisms and results in the formation of lateral organs – root nodules. Plants have developed a regulatory mechanism to control the optimal number of nodules – AON, since symbiotic nitrogen fixation is an energy-consuming process.

CLE peptides are negative regulators of nodule formation acting by a negative feedback mechanism. Expression of genes encoding CLE peptides is activated at the early stages of nodule development in roots of leguminous plants inoculated with rhizobia. Previously, we have shown that overexpression of *MtCLE35* inhibited the nodule development program.

The function *MtCLE29* has not been previously characterized. According to our PCR data, the expression levels of the *MtCLE29* gene are increased in developing nodules. Based on the amino acid sequence, the CLE domains of the *MtCLE29* and *MtCLE35* peptides differ by only one amino acid (arginine in *MtCLE29* and

histidine in MtCLE35 in the 10-th position of the CLE domain). Additionally, we detected that the MtCLE14 protein has four repeats that correspond to the CLE domain of the MtCLE35. Other systemically acting peptides, CEP, are positive regulators of nodule formation: treatment roots with the MtCEP7 peptide has been shown to increase the number of nodules. To investigate the interaction between positive and negative regulators of nodule formation, we generated vectors for overexpression *MtCEP7* and *MtCLE29* genes.

Влияние гриба эрикоидной микоризы *Oidiodendron maius* G.L. Barron на растения *Vaccinium macrocarpon* Ait. в условиях легкой и умеренной засухи

Effects of ericoid mycorrhizal fungi *Oidiodendron maius* G.L. Barron on *Vaccinium macrocarpon* Ait. plants under mild and moderate drought conditions

Приписнова Е.С.¹, Михеев В.С.¹, Брилкина А.А.¹, Березина Е.В.¹, Стручкова И.В.^{1,2}

¹Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет

им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия;

²ООО “Микофит”, Бор, Россия

katerine.pripisnova@gmail.com

Вересковые растения в природных условиях формируют с грибами эрикоидную микоризу. Специфичность данной ассоциации в последнее время привлекает все большее внимание. Известно, что грибы-микоризообразователи оказывают комплексное воздействие на растения, способствуют их адаптации к стрессовым условиям, таким как засуха. Поэтому целью работы стало изучение влияния гриба *Oidiodendron maius* G.L. Barron на морфологию, содержание фотосинтетических пигментов и фенольных соединений у растений *Vaccinium macrocarpon* Ait. в условиях легкой и умеренной засухи.

Растения *V. macrocarpon* получали методом клонального микроразмножения на питательной среде Андерсона, затем высаживали в грунт по 20 штук в горшки на 0,5 л и помещали к ним по восемь блоков (d = 3 мм) из питательной среды Чапека-Докса без мицелия (контроль) или с развитым мицелием гриба *O. maius* ВКМ F3860 (опыт). После 5 месяцев сокультивирования растения были подвергнуты легкой засухе (влажность почвы 57%) и умеренной засухе (влажность почвы 32%). При поливе влажность почвы составляла 75%. У растений разных групп оценивали длину побегов, содержание фотосинтетических пигментов и фенольных соединений в листьях.

При легкой засухе у растений контрольной и опытной групп не наблюдалось различий в длине побегов. При умеренной засухе, по сравнению с условиями полива, у контрольных растений средняя длина побега была меньше на 30%, а у опытных растений – на 9%. Содержание пигментов и фенольных соединений у растений в контроле и опыте при легкой засухе не различалось. Однако при умеренной засухе у опытных растений наблюдалось снижение содержания флавоноидов на 42%, катехинов на 27% и проантоцианидинов на 25% по сравнению с растениями в условиях полива. Таким образом, в условиях умеренной засухи микоризация положительно влияет на биомассу растений и снижает накопление в листьях фенольных соединений.

Исследование выполнено за счет средств гранта РНФ №22-74-00107.

Биопленки с доминированием цианобактерий и их метаболизм

Cyanobacterial biofilms and their metabolism

Родина О.А., Сазанова К.В., Шаварда А.Л.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

orodina@binran.ru

Были изучены три типа цианобактериальных биопленок, развивающихся на мраморе и граните: зелёные (1 тип), тёмноокрашенные (2 тип) и ярко-пигментированные (3 тип). Эти биопленки по-разному реагируют на изменения окружающей среды, что может приводить к их распаду или трансформации. Метаболомный анализ показал, что в пробах первого типа с гранита-рапакиви доминировали сахара (моно-, ди- и трисахариды) и жирные кислоты (aC 16:0; aC 18:0). В меньших количествах присутствовали органические кислоты (фумаровая, щавелевая и др.), сахароспирты (арабитол, эритритол), аминокислоты (аланин, глицин), терпены (фитол), стеринны (кампостерол, ситостерол), фосфат и мочевины.

В пробах с мрамора также обнаружены сахара и аминокислоты. Состав жирных кислот был схожим, но в мраморных пробах больше aC 9:0, aC 10:0 и aC 14:0. Состав стериннов на граните был разнообразнее. В мраморе меньше яблочной и щавелевой кислот, но больше глюконовой и треоновой, что может быть связано с взаимодействием метаболитов с кальцием субстрата. Это может приводить к более интенсивному разрушению мрамора под воздействием цианобактериальных биопленок.

Тёмноокрашенные и пигментированные биопленки (2 и 3 типы) отличались высоким содержанием сахароспиртов (эритритол, арабитол), сахаров и жирных кислот. В некоторых пробах темноокрашенных биопленок были обнаружены фенольные соединения, шикимовая кислота, аминокислоты и стерин. Биопленки второго и третьего типа были более схожи по составу метаболитов, чем биопленки первого типа. Состав метаболитов в биопленках может зависеть не только от доминантов литобионтного сообщества, но и от других микроорганизмов, таких как микромицеты. При этом доминантные виды цианобактерий, вероятно, формируют основную долю матрикса для существования сообщества в виде биопленки. Разнообразие цианобактерий на граните-рапакиви оказалось в два раза выше, чем на мраморе, что может быть связано с минеральным составом гранитов-рапакиви. Эти различия влияют на состав метаболитов литобионтных биопленок и их биохимическую активность, что сказывается на состоянии каменистого субстрата.

Работа выполнена в рамках плановой темы «Развитие профайлингово-метаболических методов исследования биологических объектов» (№ 124020100140-7).

CRISPR-Cas9- опосредованное редактирование генов *TOO MUCH LOVE* – негативных регуляторов развития симбиотических клубеньков у люцерны
CRISPR-Cas9-mediated editing of the *TOO MUCH LOVE* genes in *Medicago truncatula* – the negative regulators of symbiotic nodule development

Рубцова Д.Н., Петренко В.А., Лебедева М.А., Лутова Л.А.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
daria.rubtsova2016@yandex.ru

Бобовые растения могут вступать в симбиоз с почвенными бактериями ризобиями, в результате чего на корнях формируются новые органы – симбиотические клубеньки. Количество формирующихся клубеньков контролируется растением на системном уровне. Ключевую роль в контроле численности клубеньков играют регуляторные пептиды CLE, образующиеся в корнях и способные к дальнему транспорту по ксилеме, где происходит их связывание со специфическими рецепторами. У люцерны *Medicago truncatula* сигнальный путь, активируемый пептидами CLE, приводит к увеличению содержания транскриптов генов *MtTML1* и *MtTML2* (*TOO MUCH LOVE* 1 и 2) в корнях, что в свою очередь приводит к подавлению развития клубеньков. Гены *TML1,2* кодируют F-box белки с Kelch-повторами, которые, вероятно, функционируют в роли E3-убиквитин-лигаз. Однако, конкретные мишени белков TML и механизмы их действия остаются не изученными.

Для исследования роли генов *TML* в контроле развития клубеньков у люцерны нами были созданы конструкции для получения нокаутов по генам *MtTML1* и *MtTML2* с помощью CRISPR-Cas9-опосредованного геномного редактирования. К настоящему времени нами успешно получены две гомозиготные линии, содержащие изменения в гене *MtTML2*: с делецией одного нуклеотида (del-1), приводящей к полной потере функции *MtTML2*, а также линия с делецией 72 нуклеотидов (del-72). Растения линии del-1 формируют значительно большее число симбиотических клубеньков, по сравнению с родительской линией R108, что согласуется с ролью гена *MtTML2* как ингибитора развития симбиоза. Также нами ведется работа по получению нокаутов по гену *MtTML1* и одновременно по обоим генам *MtTML* люцерны. Дальнейшее изучение полученных линий позволит понять механизм действия генов *MtTML1* и *MtTML2* в подавлении программы симбиоза.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №21-66-00012.

Роль транскрипционных факторов LATERAL ORGAN BOUNDARY DOMAIN класса 1a в инициации бокового корня у огурца (*Cucumis sativus*)
The role of class 1a LATERAL ORGAN BOUNDARY DOMAIN transcription factors in lateral root initiation in cucumber (*Cucumis sativus*)

Самуха М.А., Ильина Е.Л., Кирюшкин А.С., Демченко К.Н.
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
msamukha@binran.ru

Существуют две принципиальные стратегии образования боковых корней (БК): у большинства видов примордии закладываются вне апикальной меристемы корня, у других же инициация БК происходит в её пределах. У представителей первой стратегии белки семейства транскрипционных факторов LATERAL ORGAN BOUNDARY DOMAIN (LBD) являются одними из важных ранних регуляторов при инициации БК. Несмотря на то, что множество работ посвящено механизмам развития БК на модельном объекте *Arabidopsis thaliana*, остаются невыясненными многие аспекты их заложения и

роста у немодельных объектов, значимых для человека. В частности, мало изучено участие белков LBD в передаче ауксинового сигнала при образовании примордиев БК у растений с инициацией БК в пределах апикальной меристемы корня.

Целью данной работы является выяснение роли транскрипционных факторов LBD класса 1a в ранних этапах образования БК у огурца (*Cucumis sativus*). Нами получены генетические конструкции, содержащие слияния промоторов различных генов LBD класса 1a с геном флуоресцентного белка *NeonGreen* с ядерной локализацией, а также кассету *DR5::mRuby-H2B* для локализации максимумов ответа на ауксин при инициации БК. С применением лазерной конфокальной микроскопии проведен анализ паттернов распределения тканевой активности промоторов генов LBD класса 1a в связи с ранними этапами инициации примордиев бокового корня огурца. У огурца, представителя семейства Тыквенные, ортологи генов *LBD16* и *LBD18* не экспрессируются на ранних этапах развития корня, что, тем не менее, не препятствует образованию БК. Представляет интерес возможность эволюционной компенсации данной функции другими членами семейства LBD.

В докладе обсуждаются сходства и различия молекулярных механизмов инициации БК у представителей двух основных стратегий заложения БК: вне апикальной меристемы корня у *Arabidopsis thaliana* и в её пределах у *Cucumis sativus*.

Конструирование вектора для конститутивной экспрессии флуоресцентного белка Electra в растительных тканях

Construction of a vector for constitutive expression of fluorescent protein in plant tissues

Синяпкина П.А.¹, Ильина Е.Л.², Кирюшкин А.С.², Демченко К.Н.²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

psinyapkina@mail.ru

Генная инженерия совместно с культурой тканей *in vitro* открывают широкие возможности для изменения различных признаков растений. В последнее годы разработка простых и надежных систем трансформации растений и эффективных методов селекции трансформантов становится все более актуальной. Для создания трансгенных культур генетическую конструкцию вводят в растительную клетку. Любая конструкция (вектор) для трансформации растений должна содержать область Т-ДНК, в пределах которой находится экспрессионная кассета целевого гена: нуклеотидная последовательность гена, кодирующая первичную структуру целевого белка, и регуляторные элементы транскрипции и трансляции. Также в состав Т-ДНК вектора должна входить кассета для селекции или скрининга трансформантов. Флуоресцентные белки применяются в генной инженерии растений в качестве репортерных и скрининговых маркеров. Наибольшую популярность имеют белки зелёного (eGFP, mNeonGreen) и красного спектра (RFP, mRuby3). Белки синего спектра, например, Electra, также являются перспективным репортерным и скрининговым маркером, но их экспрессия в растительных тканях в настоящее время недостаточно изучена.

Целью данной работы было конструирование вектора для конститутивной экспрессии синего флуоресцентного белка Electra1 с ядерной локализацией в растительных тканях для последующей оценки его пригодности в качестве скринингового маркера. Для получения экспрессионной кассеты *H2B-Electra1* (содержится в коммерческой плазмиде AddGene179479) клонировали в вектор ввода системы Gateway™ (Thermo Fisher Scientific, США) pUC18-entry8 по сайтам рестрикции *KpnI* и *NotI*. Полученный вектор pUC18-*H2B-Electra1* был использован в LR клоназной реакции, позволяющей направленный перенос фрагмента в вектор назначения pB7WG2D, содержащий конститутивный промотор 35S вируса мозаики цветной капусты для экспрессии целевого гена. Таким образом был получен вектор pB7WG2D-*H2B-Electra1*, который в дальнейшем можно использовать для экспрессии белка Electra1 в тканях растений.

Метаболическое профилирование проростков риса (*Oryza sativa* L.) с различной стратегией адаптации к затоплению в условиях дефицита кислорода

Metabolic profiling of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings with different adaptation strategies to flooding under oxygen-deficient conditions

Слезова С.А.^{1,2}, Богданова Е.М.^{2,3}, Пузанский Р.К.³, Емельянов В.В.²

¹Научно-технологический университет «Сириус», ФТ Сириус, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

³Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

slezovas@mail.ru

Кислородная недостаточность одна из основных причин ежегодных потерь урожая, в частности риса (*Oryza sativa*). Растения, являясь фотоавтотрофными организмами, нуждаются в молекулярном кислороде. Чтобы переносить неблагоприятный период его отсутствия, они приобрели определенные морфолого-анатомические и физиолого-биохимические приспособления. У риса можно выделить две стратегии адаптации к дефициту кислорода: активное избегание кислородной недостаточности (low oxygen escape syndrome, LOES) и пассивную стратегию покоя (low oxygen quiescence syndrome, LOQS). LOES контролируется экспрессией генов *SNORKEL1* и 2 (*SK1*, 2) из семейства ERF-VII (ethylene response factor). Их экспрессия запускает биосинтез гиббереллинов, позволяющих растению быстро расти в длину и достигать аэробной среды. В основе LOQS также лежит экспрессия гена семейства ERF-VII *SUBMERGENCE1A* (*SUB1A*). Его продукт подавляет биосинтез этилена, что приводит к репрессии синтеза гиббереллинов и подавлению роста в длину. Каждая из стратегий подразумевает различные метаболические изменения в организме, что и было нами изучено.

В анализе участвовала линия HHZ8-SAL14-SUB1A с аллелью *SUB1A* и дикий тип – сорт Кубань 3. При помощи ГХ-МС были получены метаболитные профили колеоптилей исследуемых линий. Анализ образцов, выращенных при затоплении, выявил черты анаэробного метаболизма, характерные для устойчивых к дефициту кислорода растений, которые заключались в аккумуляции карбоновых кислот гликолиза (глицерат) и цикла Кребса (сукцинат), а также аминокислот, в том числе образованных из интермедиатов гликолиза (Ала, Вал). Отличия при гипоксии касались высокого содержания Ала, янтарной и глюконовой кислот, а также глицерол-3-фосфата у линии HHZ8-SAL14-SUB1A. Эти маркерные метаболиты отражают функционирование аноплеротических путей обмена веществ. У сорта Кубань 3 при затоплении выявлена стимуляция накопления различных гексоз, являющихся продуктами метаболизма крахмала, что обеспечивает энергией процесс быстрого роста в длину.

Поиск регуляторов ответа на наличие азота и воды на развитие картофеля с помощью транскриптомных данных

Соколов М.Ф., Ганчева М.С., Лутова Л.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

sokolov_matvey04@mail.ru

Развитие картофеля во многом зависит от доступа к воде и азоту. Дисбаланс каждого из ресурсов приводит к его изменению, в том числе и в сельскохозяйственно ценных аспектах. Например, избыток азота приводит к угнетению клубнеобразования. Недостаток воды, в свою очередь, приводит к уменьшению числа и размеров листьев и высоты растения, что снижает эффективность ассимиляционных процессов. Для поиска генов-кандидатов на роль участников в регуляции обмена азота и воды, нами был проведён анализ транскриптомов сортов картофеля, растущих в среде с большим и малым содержанием азота, а также в условиях нормального снабжения и дефицита воды. Мы обнаружили, что ген *StLBD2-6* у картофеля *Solanum tuberosum* оказался дифференциально экспрессируемым как в ответе на содержание азота, так и воды. Транскрипционные факторы LBD (Lateral organ Boundaries Domain) известны у многих цветковых растений и регулируют рост и развитие растений. В результате проведённого филогенетического анализа, ген *StLBD2-6* оказался близок к генам *Arabidopsis thaliana* *AtLBD37*, *AtLBD38*, *AtLBD39*, которые подавляют гены синтеза антоцианов, а также различные гены азотного обмена в ответ на повышенное содержание азота в среде. Также ранее с помощью ПЦР в реальном времени было показано изменение уровня экспрессии гена *StLBD2-6* в стебле картофеля при недостатке воды. При имеющихся данных можно предположить, что ген *StLBD2-6* у картофеля может быть связан с регуляцией как водного, так и азотного обмена. Для получения более полной картины мы создали генетические конструкции для сверхэкспрессии и геномного редактирования гена *StLBD2-6*, а также с помощью дрожжевой одноклеточной системы изучили взаимодействия *StLBD2-6* с другими транскрипционными факторами картофеля.

Роль оксида азота (II) у микроводоросли *Ostreococcus tauri* через призму метаболизма аргининаThe role of nitric oxide (II) in the microalga *Ostreococcus tauri* through the lens of arginine metabolism

Стаинов В.Р., Лапина Т.В., Ермилова Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

st067882@student.spbu.ru

Оксид азота II (NO) принадлежит к категории редокс-активных молекул, которые координируют многие физиологические и биохимические процессы в организмах разного уровня организации. Полученные в последние годы результаты показывают, что наряду с высшими растениями, зелёные водоросли представляют собой перспективную экспериментальную модель для понимания эволюции NO-зависимых регуляторных сетей. У зелёной одноклеточной микроводоросли *Ostreococcus tauri*, принадлежащей к классу Mamiellophyceae, выявлен гомолог NO-синтаз животных (NOS), который катализирует генерирование оксида азота (II) (NO) и цитруллина из аргинина. Наличие NOS только у некоторых зелёных водорослей поднимает вопрос о потенциальном значении этого фермента для представителей Mamiellophyceae.

Последние данные нашей лаборатории и коллег из других стран свидетельствуют о том, что у высших растений и зелёных водорослей основной NO-зависимый регуляторный механизм связан с посттрансляционной модификацией белков (ПТМ) путем S-нитрозилирования. В работе впервые показана способность к S-нитрозилированию у представителей Mamiellophyceae. Нами получена рекомбинантная N-ацетил-L-глутаматкиназа *O. tauri* (OtNAGK) – ключевой фермент в контроле биосинтеза аргинина. Установлено, что OtNAGK подвергается S-нитрозилированию. Таким образом, нами впервые выявлена функция NO в метаболизме аргинина у представителей фотосинтезирующих эукариот. Анализ действия NO на активность OtNAGK *in vivo* и *in vitro* выявил снижение активности фермента. По нашему мнению, таким образом клетки микроводоросли осуществляют тонкую настройку синтеза уровней аргинина, используя при этом образующийся NO. Кроме того, в отсутствие ферментов, обеспечивающих детоксикацию внутриклеточного оксида азота (II), этот механизм позволяет *O. tauri* избежать сверхпродукции редокс-молекулы, высокие уровни которой могут быть токсичны для клеток.

Детекция повреждения геномной ДНК в проростках ячменя методом ДНК-комет

DNA damage detection in barley seedling by the comet assay

Стриженко А.Д.^{1,2}, Тютерева Е.В.¹¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

strileha03@mail.ru

В природе растения сталкиваются со множеством неблагоприятных факторов, приводящих к развитию стресса. Реакции растительных клеток на стресс могут сопровождаться изменениями в структуре и составе макромолекул, в том числе носителей генетической информации – ДНК. Ранее было показано, что нарушение структуры и межнуклеосомная фрагментация ДНК является одним из маркеров запуска программируемой клеточной гибели. Метод ДНК-комет (Comet Assay), или гель-электрофорез нуклеоидов индивидуальных клеток (Single-Cell Gel Electrophoresis Assay, SCGE) – относительно быстрый и недорогой метод, позволяющий определить степень повреждения геномной ДНК на ранних этапах клеточной гибели. Несмотря на широкое использование в экологии и токсикологии растений, данный подход редко используют в физиологических исследованиях.

Одной из важнейших характеристик метода ДНК-комет, который в настоящее время представлен множеством модификаций, является pH лизирующего и электрофоретического буферов. Применяя сочетание нейтрального (N) или щелочного (A) pH обоих растворов, можно детектировать разные повреждения ДНК. Нейтральная версия протокола (N/N) позволяет оценивать преимущественно долю двунитевых разрывов. С использованием щелочного варианта метода ДНК-комет (A/A), можно анализировать суммарное накопление сразу нескольких типов повреждения (однонитевых и двунитевых разрывов, щелочелабильных сайтов), и поэтому он считается наиболее универсальным протоколом для оценки степени повреждения ДНК под влиянием любого типа стресса. Комплексное применение обоих методов позволяет оценивать долю однонитевых разрывов в общем пуле поврежденной ДНК.

В докладе будут представлены полученные результаты, описаны особенности выполнения метода на листьях и кончиках корней проростков ячменя, обсуждены перспективы применения метода ДНК-комет в исследованиях механизмов стрессоустойчивости растений.

Влияние фитогормонов на накопление фенольных соединений и экспрессию генов их биосинтеза в культурах суспензионных клеток *Vaccinium corymbosum*

The influence of phytohormones on the accumulation of phenolic compounds and the expression of genes of their biosynthesis in suspension cell cultures of *Vaccinium corymbosum*

Сухова А.А., Здобнова Т.А., Рыбин Д.А., Сёмин А.А., Березина Е.В., Брилкина А.А.

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет

им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

alinaismailova2000@bk.ru

Голубика щитковая (*Vaccinium corymbosum* L.) (сем. Вересковые) синтезирует уникальные вторичные метаболиты – фенольные соединения (ФС), обладающие чрезвычайно широким спектром биологического воздействия. Одним из перспективных способов получения вторичных метаболитов являются культуры суспензионных клеток. Контролировать их рост и продукцию ими фенольных соединений можно с помощью фитогормонов – ауксинов и цитокининов. Для увеличения накопления отдельных групп ФС важно понимать, как фитогормоны могут влиять на транскрипционные факторы и гены ферментов фенольного синтеза. Цель работы: выявление влияния различных концентраций ауксина 2,4-Д и цитокинина БАП на накопление фенольных соединений и на экспрессию генов фенольного синтеза в суспензионных клетках голубики щитковой.

В работе использованы суспензионные клетки *V. corymbosum*, инициированные из микрорастений *in vitro* через стадию каллусов и культивируемые на среде WPM с концентраций фитогормонов от 0,34/0,45 до 4,5/4,5 мкМ 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота) и БАП (бензилоаминопурин). Содержание ФС определяли колориметрически. Для изучения экспрессии генов использовали метод ПЦР в реальном времени.

Использование фитогормонов в концентрациях выше 2,25 мкМ приводило к замедлению роста, потемнению клеток, снижению жизнеспособности и способности синтезировать ФС. Значительное содержание ФС достигалось в культурах, полученных при добавлении в питательную среду 0,34/0,45 и 2,25/2,25 мкМ 2,4-Д/БАП. В суспензионных клетках голубики щитковой достаточно интенсивно экспрессировались гены таких ферментов как CHS (халконсинтаза), CHI (халконизомераза), DFR (дигидрофлавонолредуктаза). Следует отметить, что экспрессия всех исследуемых генов возрастала при культивировании клеток в присутствии 2,25/2,25 мкМ 2,4-Д/БАП, по сравнению с 0,34/0,45 мкМ 2,4-Д/БАП. Исключение составил ген CHS, уровень экспрессии которого не изменялся в зависимости от концентрации фитогормонов.

Работа выполнена при поддержке программы стратегического академического лидерства "Приоритет 2030" Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Роль генов, регулирующих соматический эмбриогенез, в поддержании пролиферации культур клеток *Picea abies* (L.) Н. Karst.

The role of genes regulating somatic embryogenesis in maintaining the proliferation of *Picea abies* (L.) Н. Karst. cell cultures

Теслюк И.А., Галибина Н.А., Игнатенко Р.В., Чирва О.В., Ершова М.А., Мощенская Ю.Л.

Институт леса Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр

Российской академии наук», Петрозаводск, Россия

iritslk@yandex.ru

Технология соматического эмбриогенеза (СЭ) позволяет получить неограниченное количество посадочного материала с заданными характеристиками. В результате, созданные эмбриогенные культуры клеток могут выступать в качестве модельных систем для изучения процесса эмбриогенеза. Исследование механизмов, регулирующих СЭ у хвойных растений, таких как *Picea abies*, представляет особый интерес, учитывая их важное экономическое значение в лесном хозяйстве. Молекулярные исследования процесса СЭ заключаются в распознавании сигналов, которые изменяют генетическую программу соматической ткани, приводя в конечном итоге к формированию соматического эмбриона. Роль генов, участвующих в процессе инициации и регуляции СЭ, хорошо охарактеризована у модельного растения *Arabidopsis thaliana*. В этом исследовании мы изучили активность генов, кодирующих ключевые факторы транскрипции (ТФ), (1) положительно регулирующие СЭ (BABYBOOM (BBM), EMBRYOMAKER (ЕМК), LAFL (LEC1, ABI3/VP1, FUS3), WUSCHEL-related homeobox (WOX2, WOX8/9)) и (2) подавляющие СЭ посредством эпигенетического перепрограммирования (PICKLE (PKL) и B3 VP1/ABI3-LIKE (VAL)). В качестве объектов использовали клеточные линии на стадии пролиферации, полученные из зиготических зародышей *P. abies* и отличающиеся продолжительностью культивирования на питательной среде. Показано, что длительное субкультивирование клеточных культур в отсутствие

криоконсервации сказывается на эмбрионной компетентности, качестве и количестве образующихся соматических эмбрионов. Предложены молекулярные маркеры эмбрионной компетентности эмбрионально-суспензорной массы. Полученные данные позволяют понять механизмы адаптации клеток к условиям длительного культивирования *in vitro* и роль ТФ в поддержании пролиферации.

Фиторегуляторные и антагонистические свойства природных изолятов *Akanthomyces muscarius*

Plant growth regulation and antagonistic properties of natural isolates of *Akanthomyces muscarius*

Трофимова Ю.А.¹, Чоголокова А.А.², Митина Г.В.², Черепанова М.А.²

¹Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
Санкт-Петербург, Россия;

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия
4oglik@inbox.ru

Энтомопатогенные грибы (ЭПГ) рода *Akanthomyces* помимо инсектицидной активности могут обладать фиторегуляторными и антагонистическими свойствами. Для высоковирулентных изолятов вида *Akanthomyces muscarius* V1 21, V1 29, V1 61, V1 72, F 14 была изучена антагонистическая активность в отношении восьми видов фитопатогенных грибов (ФПГ). ЭПГ проявляли в основном территориальный антагонизм. В отношении *Botrytis cinerea* все изоляты проявляли антибиотический антагонизм. Мицелий всех изолятов, кроме V1 29, преодолевал зону отсутствия роста ФПГ и нарастал на колонию *B. cinerea*. С помощью флуоресцентной микроскопии установлено, что гифы V1 61 обвивают гифы *B. cinerea* и способны разрушать клеточные стенки. Изоляты V1 21, V1 29 и F 14 ингибировали формирование нормальных склеротий у *Sclerotinia sclerotiorum*. V1 61 сильнее всего подавлял образование склеротий.

Опыты по влиянию ЭПГ на прорастание семян томата, огурца и салата были поставлены для трех высокоактивных изолятов – V1 21, V1 61 и V1 72. Все изоляты вызывали увеличение длин проростка и корня томата и салата, а масса увеличивалась только в случае с V1 61. У семян огурцов под влиянием изолятов V1 21 и V1 61 увеличивались длина проростка на 6–10% и длина корня на 6–12%. В опытах на листьях томата при заражении *B. cinerea* наибольший защитный эффект отмечен для изолята V1 61. Площадь поражения листовой пластины была достоверно ниже. На поверхности некротических пятен наблюдался рост мицелия и спороношение ФПГ и рост ЭПГ на нем, как и в опытах *in vitro*.

Анализ роли H⁺-АТФазы тонопласта в обеспечении роста растяжением клеток coleoptилей проростков риса, различающихся скоростью роста в условиях нормоксии и затопления

Analysis of the role of tonoplast H⁺-ATPase in elongation growth of coleoptile cells of rice seedlings with different growth rates under normoxia and hypoxia

Филиппова А.А., Бикташева М.О., Кирпичникова А.А., Шишова М.Ф.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
filippova.arin@gmail.com

Рост coleoptилей риса (*Oryza sativa* L.) в условиях гипоксии является важным адаптационным механизмом, позволяющим растениям избежать повреждений от недостатка кислорода. Вакуолярная H⁺-АТФаза (V-АТФаза) играет ключевую роль в вакуолизации клеток, обеспечивая осмотическое давление, необходимое для роста растяжением. Целью исследования был анализ роли субъединиц В и Е V-АТФазы в росте coleoptилей двух сортов риса: быстрорастущего Кубань 3 и медленно растущего Амелист, в условиях нормоксии и затопления. Проростки выращивали в условиях аэрации и гипоксии. Длину coleoptилей измеряли на 3, 5 и 7 сутки. Содержание субъединиц В и Е V-АТФазы определяли методом иммуноблот-анализа, экспрессию генов *OsVHA-B1*, *OsVHA-B2*, *OsVHA-E1* и *OsVHA-E2* — методом qRT-PCR.

В условиях нормоксии рост coleoptилей сорта Кубань 3 был интенсивнее, чем у сорта Амелист, достигая максимума на 5 сутки. При затоплении рост замедлялся на ранних стадиях, но продолжался до 7 суток. Содержание субъединиц В и Е V-АТФазы в мембранах клеток увеличивалось при нормоксии, особенно у сорта Кубань 3. При гипоксии накопление белков было менее выраженным. Экспрессия генов *OsVHA-B* и *OsVHA-E* усиливалась при затоплении, что указывает на их возможную роль в адаптации к гипоксии. Однако динамика экспрессии генов отличалась от содержания белков, что может свидетельствовать о различиях в регуляции на посттрансляционном уровне. Субъединицы В и Е V-АТФазы участвуют в обеспечении роста растяжением coleoptилей риса. Выявлены различия в регуляции фермента на транскрипционном и протеомном уровнях в зависимости от условий аэрации.

Работа выполнена при поддержке РНФ, грант № 22-14-00096.

Семейство генов D-галактуронатредуктаз чеснока *Allium sativum* L.: идентификация в геноме, характеристика и роль в ответе на абиотические стрессы

D-galacturonate reductase gene family of garlic *Allium sativum* L.: identification, characterization and role in response to abiotic stresses

Филлюшин М.А., Анисимова О.К.

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия
michel7753@mail.ru

Аскорбиновая кислота является важным компонентом антиоксидантной системы растений, нивелируя действие образующихся в процессе метаболизма и воздействии стрессовых факторов активных форм кислорода. У высших растений идентифицировано четыре пути биосинтеза аскорбата. Наиболее изучен у растений L-галактозный путь, остальные пути практически не изучены. Целью данного исследования была идентификация и характеристика у чеснока (*Allium sativum* L.) генов D-галактуронатредуктаз – ключевых генов галактуронового пути биосинтеза аскорбата.

Впервые в геноме чеснока было идентифицировано и охарактеризовано семейство D-галактуронатредуктаз. Семейство включало четыре гена, которые локализовались на хромосомах 5 и 6. Определена вариабельность последовательностей и особенности экзон-интронной структуры найденных генов. В аминокислотных последовательностях определено положение каталитического домена AKR_AKR4A_4B, проведён поиск консервативных мотивов. В промоторных областях генов проведен анализ *цис*-регуляторных последовательностей. Были изучены филогенетические отношения анализируемых генов чеснока между собой, а также с белками данного семейства других высших растений.

На основе данных транскриптомного анализа были определены профили экспрессии генов *AsGalUAR* в различных органах чеснока, выявлена их дифференциальная экспрессия. Исследуемые гены высоко экспрессировались в корнях и листьях; один из генов, *AsGalUAR3*, также экспрессировался в бутонах. С целью изучения роли D-галактуронатредуктаз в стрессовом ответе растений чеснока были определены профили экспрессии исследуемых генов в корнях и листьях проростков в ответ на абиотические стрессоры. В корнях чеснока в ответ на солевой стресс экспрессия генов в целом не изменялась, в ответ на засуху уровни экспрессии значительно возрастали. В листьях в ответ на стрессы экспрессия генов *AsGalUAR* не изменялась, либо снижалась.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №24-76-10005.

Получение генно-модифицированной линии *Zea mays* с нокаутом гипоксически-зависимой микроРНК775A

Production of a genetically modified *Zea mays* line with knockout of hypoxia-dependent microRNA775A

Хомутова А.Е., Федорин Д.Н., Епринцев А.Т.

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия
anna.khomutova2002@gmail.com

В настоящее время большое внимание уделяется исследованиям посттранскрипционной регуляции метаболизма посредством малых некодирующих РНК, в частности микроРНК, имеющих эндогенное происхождение и координирующих множество мишеней. Оценить функциональную роль микроРНК в координации метаболических потоков клетки возможно при ее нокауте. Целью нашей работы было получение линии нокаутных растений *Zea mays* с нокаутом по гипоксически-зависимой зрелой микроРНК775.

В качестве объекта исследования использовали семена кукурузы (*Zea mays*), сорт Воронежская, 76. С применением технологии STTM была разработана специфическая антисмысловая конструкция анти-миР775A для *Zea mays*. В составе рекомбинантного бинарного вектора pB1121 анти-миР775A по классическому протоколу агробактериальной трансформации была введена в *Zea mays* (*mir775A*) путём прокалывания семян.

Применение ПЦР в реальном времени позволило подтвердить деградацию микроРНК775A по РНК-интерферирующему типу, обусловленную активно функционирующей системой анти-миР775A. Полученные нокаутные линии *Zea mays* морфологически отличались от контрольных растений: дикого типа (WT) и трансформированных нерекомбинантной агробактерией (*Ab*-WT). У группы *mir775A* наблюдалось медленное развитие гипокотыля и раскрытие листовой пластинки по сравнению с контрольными группами в процессе формирования и развития проростков. По отношению к контрольным растениям WT и *Ab*-WT длина проростков линии *mir775A* меньше в 1,47 и 1,51 раза, соответственно.

Технология STTM была впервые использована для создания антисмысловой конструкции для нокаута микроРНК в *Zea mays*. По сравнению с контрольными группами количество свободной микроРНК775А в листьях растений-нокаутов снижено в 100 раз, что свидетельствует о ее деградации посредством системы анти-миР775А. Морфологические отличия линии *mir775A* могут быть обусловлены нарушениями функционирования белков липидного и углеводного обмена, так как микроРНК775А корректирует их работу на посттранскрипционном уровне по пути РНК-интерференции.

Природно-трансгенные растения: исследование горизонтального переноса генов от агробактерий к растениям

Naturally transgenic plants: a study of horizontal gene transfer from agrobacteria to plants

Шапошников А.Д., Жидкин Р.Р., Матвеева Т.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

st096319@student.spbu.ru

Возникновение природно-трансгенных растений (природных ГМО, пГМО) обусловлено устойчивой интеграцией последовательностей Т-ДНК агробактерий в ядерный геном растений и последующей передачей их в ряду половых поколений. Такие последовательности были названы клеточными Т-ДНК (клТ-ДНК). Это один из примеров горизонтального переноса генов, который отличается от других тем, что нам известен донор природных трансгенов, но не известна их функциональная роль у реципиентов. Благодаря применению биоинформатических алгоритмов и нуклеотидных баз данных мы ежегодно обнаруживаем новые клТ-ДНК у различных видов растений и таким образом пополняем перечень известных пГМО.

На текущий момент нами было идентифицировано 73 новых вида пГМО среди двудольных растений при анализе общедоступных геномных баз данных и 14 видов пГМО в транскриптомных базах данных соответственно. Таким образом, с учетом ранее опубликованных данных, в настоящее время известно не менее 130 видов пГМО среди двудольных растений. Примечательно, что доля пГМО среди всех депонированных видов растений составляет примерно 7%. Этот показатель не меняется с 2019 года на фоне увеличения количества видов с собранными геномами.

Обнаруженные виды природно-трансгенных растений принадлежат 17 порядкам двудольных растений, из которых наиболее многочисленным по содержанию пГМО является порядок Malpighiales Mart. Обнаруженные виды пГМО произрастают на всех континентах и занимают различные экологические ниши. Среди обнаруженных пГМО множество сельскохозяйственных видов, таких как арахис (*Arachis hypogaea* L.), хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L.), чайный куст (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), клюква крупноплодная (*Vaccinium macrocarpon* Ait.), хурма восточная (*Diospyros kaki* Thunb.), батат (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) и др.

Обнаружение новых природно-трансгенных растений свидетельствует о том, что горизонтальный перенос генов от агробактерий к растениям является широко распространенным явлением среди двудольных растений. Этот факт может служить важным аргументом в поддержку ГМО, созданных человеком. Кроме того, пГМО помогают нам понять эволюционную судьбу трансгенов, а также являются моделью для изучения филогеографии соответствующих видов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №25-26-00123.

МИКОЛОГИЯ И ЛИХЕНОЛОГИЯ

Разнообразие лишайников родов *Bryoria* и *Usnea* в БеларусиDiversity of the lichen genera *Bryoria* and *Usnea* in BelarusБолсун И.М.¹, Цуриков А.Г.^{1,2,3}¹Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, Гомель, Республика Беларусь;²Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Республика Беларусь;³Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия
irisha.bolsun@gmail.com

В результате ревизии 625 гербарных образцов лишайников родов *Bryoria* и *Usnea*, собранных на территории Беларуси в период с 1924 по 2018 гг., было установлено, что в настоящее время род *Bryoria* на территории страны представлен 7 видами: *Bryoria capillaris*, *B. furcellata*, *B. fuscescens*, *B. implexa*, *B. kuemmerleana*, *B. nadvornikiana* и *B. vrangiana*; род *Usnea* – 15 таксонами (14 видов и 1 разновидность): *Usnea barbata*, *U. cavernosa*, *U. ceratina*, *U. dasopoga*, *U. florida*, *U. glabrata*, *U. glabrescens* var. *glabrescens*, *U. glabrescens* var. *fulvoreagens*, *U. hirta*, *U. intermedia*, *U. perplexans*, *U. praetervisa*, *U. subfloridana*, *U. substerilis*, *U. wasmuthii*. Из указанных видов *Bryoria kuemmerleana*, *B. vrangiana*, *Usnea praetervisa* и *U. substerilis* ранее не приводились для территории Республики Беларусь.

Из представителей рода *Bryoria* наиболее часто встречаются виды *B. implexa*, *B. nadvornikiana* и *B. vrangiana*, из представителей рода *Usnea* – виды *U. dasopoga*, *U. hirta* и *U. subfloridana*. Остальные таксоны обозначенных родов являются редкими и известны преимущественно из особо охраняемых природных территорий: Березинского биосферного заповедника, Национальных парков «Беловежская пуща», «Припятский», «Нарочанский» и ландшафтного заказника «Голубые озера».

Следует отметить, что в результате исследования образцов лишайников родов *Bryoria* и *Usnea* было выявлено 9 видов лихенофильных грибов, из которых самым распространенным на территории страны является *Lichenostigma maureri*.

Опыт ревизии комплекса видов *Trichia botrytis* (Мухомycetes) с применением полифазного подходаExperience of revision of the *Trichia botrytis* (Мухомycetes) species complex using a polyphasic approach

Бортников Ф.М.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

f.m.bortnikov@gmail.com

Миксомицеты – широко распространенная группа грибообразных протистов, классификация которых опирается на особенности строения их спорофоров (плодовых тел). Внедрение современных методов изучения последовательностей ДНК в последние годы привнесло ряд заметных изменений в сложившуюся систему, однако не уменьшило роли сравнительной морфологии в таксономических исследованиях, а, напротив, лишь увеличило ее.

Предметом нашего изучения на протяжении нескольких лет стала группа *Trichia botrytis sensu lato*, включавшая до начала исследований 7 видов, последний из которых, *T. ambigua*, был описан в 2015 году в результате ревизии европейских гербарных коллекций *T. subfusca*.

Нами были детально исследованы более 160 образцов *Trichia* spp. из фунгариев LE (г. Санкт-Петербург) и MYX (г. Москва); для части из них были получены последовательности маркерных генов nrSSU, mtSSU и EF1-α. На первом этапе мы подтвердили находки и подробно охарактеризовали 6 из 7 уже известных видов комплекса (за исключением *T. subfusca*), а также описали 9 новых для науки видов и 1 новую разновидность из России (7 видов) и Вьетнама (2 вида и одна разновидность). В ходе продолжающейся ревизии удалось описать еще один новый для науки вид (*T. sikhotesensis*), а также выявить в гербарии четыре образца редкого вида *T. subfusca*, ранее ошибочно определенных как *T. erecta*. Для *T. subfusca* была проведена лектотипификация.

Таким образом, нам удалось морфологически и молекулярно охарактеризовать все 7 известных видов комплекса *T. botrytis*, описать еще 10 новых для науки видов, а также уточнить набор признаков, имеющих таксономический вес в этой группе.

Наши исследования уже получили продолжение в работах зарубежных коллег: в Китае была обнаружена *T. armillata*, описанная нами с Дальнего Востока, а в Германии – *T. rapa*, описанная из Европейской части России по одной находке. Кроме того, из Эквадора была описана *T. tuberculata*, родственная видам *Trichia*, описанным нами с Дальнего Востока и из Вьетнама.

Эпифитные лишайники березовых лесов Дагестана: что нам о них известно и что предстоит узнать?

Epiphytic lichens of the birch forests of Dagestan: what do we know and what is there to be learnt?

Борцов К.В., Исмаилов А.Б.

Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

kostya.bortcov228@mail.ru

Березовые леса Дагестана произрастают в нескольких физико-географических районах на разновысотных уровнях и представляют собой малоизученные, но потенциально богатые эпифитами местообитания. Для них характерен специфический набор экологических условий, связанных не только с климатическими и эдафическими особенностями мест их произрастания, но и с разной степенью сукцессионных преобразований. Наиболее крупные массивы березовых лесов сосредоточены в верховьях рек Аварское и Андийское Койсу в пределах высот 1500–2600 метров. Они образуют как смешанные (в основном с сосной Коха), так и чистые березняки, образованные видами *Betula litwinowii*, *Betula verrucosa* и *Betula raddeana*. Нижняя граница распространения березняков наблюдается в сухих предгорьях (400–500 м н.у.м.), где отмечаются единичные деревья в сосново-дубовых редколесьях.

Известное разнообразие эпифитных лишайников в Дагестане составляет немногим более 350 видов. Среди них на видах берез отмечено около 200 лишайников, из которых 38 видов специфичны березе и не отмечены на других древесных породах. Эти сведения были получены в ходе локальных исследований разнообразия некоторых березняков Дагестана, но вопросы особенностей формирования эпифитного лишайникового покрова в них не изучены.

Более чем двухкилометровый диапазон высотного распространения березняков в Дагестане обуславливает контрастность условий среды их произрастания. Данные различия могут отражаться на разных аспектах и уровнях организации эпифитного лишайникового покрова. Предстоит выявить закономерности его формирования в связи с различными параметрами среды и сообществ березняков, изучая разнообразие и обилие в местообитаниях разного масштаба – на уровне сообществ, деревьев, отдельных участков стволов. Планируемые исследования будут проведены впервые в регионе и позволят более детально понять состояние и вероятностные тренды сукцессии березовых лесов Дагестана.

Лишайник как модельный объект симбиогенетики

Lichen as a model object of symbiogenetics

Виролайнен П.А.^{1,2}, Панькова В.В.², Нерезенко А.М.¹, Чекунова Е.М.¹¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

st085618@student.spbu.ru

Устойчивые межвидовые ассоциации, примером которых являются лишайники, формируются на основе функциональной интеграции геномов взаимодействующих организмов – фотобионта и микобионта, что приводит к появлению новых молекулярно-генетических механизмов регуляции.

Изучение генетики лишайников началось сравнительно недавно и представляет несомненный интерес для понимания физиологических, биохимических и генетических механизмов, регулирующих процессы интеграции, синхронизации и адаптации организмов-партнеров друг к другу и к окружающей среде. Полученные методами *in silico*, *in vivo* и *in vitro* данные позволили обнаружить гены, приобретенные предками лишайникообразующих грибов и водорослей в результате серии горизонтальных переносов, а также предположить роль этих генов в процессе лихенизации.

Тем не менее, геномы лишайников исследованы фрагментарно: степень изученности полногеномных последовательностей отдельных видов фотобионтов и микобионтов различается, а экспериментальные исследования поддерживаемых в культуре видов проводятся редко. В настоящее время не существует объекта, являющегося модельным для изучения надорганизменных генетических систем мико- и фотобионтов.

Одной из задач данного направления исследований является определение модельного объекта симбиогенетики лишайников. Наши исследования ведутся по следующим направлениям: 1) изучение методами *in silico* доступных для анализа геномов и транскриптомов водорослей и лихенизированных грибов с целью выявления структурных и функциональных особенностей генов и белков, вероятно способствующих лихенизации; 2) поиск и введение в культуру основных широко распространенных видов лишайников с целью формирования коллекции образцов, которые в будущем можно будет использовать для системного анализа лишайникового симбиоза методами *in vivo* и *in vitro*. Поиск модельного объекта и применение методов симбиогенетики для его изучения позволит углубить наши знания о генетических механизмах формирования симбиотических систем.

Работа выполнена при поддержке СПбГУ, шифр проекта 124032000041-1.

К изучению лишайников ООПТ «Дубрава водоохранная» (Самарская область)

The study of the lichens of the Dubrava Vodoochrannaya Protected area (Samara Region)

Гончаренко В.А.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия
gonchar-vika04@mail.ru

Изучение биоразнообразия в Российской Федерации играет важную роль в сохранении экосистем и разнообразия видов. Особенно пристальное внимание уделяется этому вопросу из-за внушительной человеческой деятельности на окружающую среду.

ООПТ «Дубрава водоохранная» в Самарской области является особым местом для исследования. Последние записи о ней были сделаны в 80-х годах, что позволяет сделать выводы о возможности нахождения новых видов, видов из Красной книги и исчезнувших в Самарской области.

Лишайники в Самарской области изучены крайне фрагментарно, и на территории ООПТ «Дубрава водоохранная» совершенно не исследовались. В связи с этим нами в ходе работы было собрано и определено 58 видов лишайников из 33 родов, 17 семейств, 11 порядков, два из них новые виды для Самарской области: *Trapeliopsis granulosa*, *Mycobilimbia tetramera*. Обнаруженные лишайники освоили три типа субстрата, такие как: кора разных деревьев (*Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *Ulmus glabra*, *Populus tremula*, предпочитая больше всего кору *Tilia cordata*), гниющая древесина, почва. Преобладающим субстратом является гниющая древесина.

Также лишайники встречаются в разных сообществах: остролистно-кленово-липово-дубовое, липняк, березово-сосновое, сосняк, березняк, липово-осиновое, осинник. Преобладающим сообществом является липово-осиновое. Лишайники до сих пор изучены неполно как в России, так и за рубежом, но являются важной составляющей экосистем, выполняя одну из важных ролей индикаторов чистоты воздуха.

К изучению биоты калициоидных Приокско-Террасного государственного заповедника

The study of the calicioid biota of the Prioksko-Terrasny State Reserve

Гудкова Е.П.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
katy.gudkova@yandex.ru

Калициоидные – группа лишенизированных и лишенизированных грибов с плодовыми телами в виде апотециев на ножке и/или формирующих мазедий, порошкообразную массу спор и стерильных элементов. Ранее относились к порядку *Caliciales*, в данный момент находятся в четырех разных классах подотдела *Pezizomycotina* отдела *Ascomycota*. Приокско-Террасный заповедник (ПТЗ) площадью 4945 га располагается на юге Московской области близ города Серпухов. Из растительных сообществ на территории заповедника преобладают боры с участками широколиственных лесов.

Ранее А.В. Пчелкиным (2005) для ПТЗ приводилось пять видов калициоидных лишайников: *Calicium abietinum*, *C. glaucellum*, *C. viride*, *Chaenotheca chrysocephala*, *Ch. ferruginea*. В ходе полевых исследований 2023–2024 гг. нами выявлены еще 14 видов (лишенизированные отмечены *): *Calicium trabinellum*, *Chaenotheca brunneola*, *Ch. furfuracea*, *Ch. hispidula*, *Ch. stemonea*, *Ch. trichialis*, *Ch. xyloxena*, **Chaenothecopsis pusilla*, **Ch. pusiola*, **Ch. savonica*, **Ch. vainioana*, **Mycocalicium subtile*, **Phaeocalicium polyporaеum*, **Stenocybe pullatula*. Номенклатура дана по «Santesson's Online Checklist of Fennoscandian Lichen-Forming and Lichenicolous Fungi».

Среди представителей рода *Chaenotheca* высокой встречаемостью характеризуются *Ch. ferruginea* и *Ch. stemonea* – 27 и 21 находка соответственно. Из микокалициевых, занимающих пограничное положение между лишайниками и свободноживущими грибами, чаще встречались *Mycocalicium subtile* (6 находок), *Phaeocalicium polyporaеum* и *Chaenothecopsis vainioana* (по 3 находки). Отметим, что находки *Chaenotheca hispidula*, *Ch. stemonea* и *Chaenothecopsis pusiola* как индикаторов биологически ценных лесных сообществ, отражают большую роль экосистем ПТЗ в сохранении биоразнообразия региона.

Микобиота долины реки Царицы (г. Волгоград)

Mycobiota of the Tsaritsa River Valley (Volgograd)

Денисова Перния Н., Бадмаева Г.Р., Кочерян П.В., Котлярова В.С., Сагалаев В.А., Курагина Н.С.

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

kuragina23@mail.ru

Река Царица – правый приток Волги длиной 19 км характеризуется крутыми бортами склонов широкой долины и низовьем, заключенным в коллектор; питание реки преимущественно ключевое. Основу древостоя поймы Царицы составляют насаждения *Salix alba* L., *Populus alba* L., *P. nigra* L., *Ulmus laevis* Pall., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Acer negundo* L., *A. tataricum* L., *Morus alba* L., в верховьях – *Populus tremula* L., реже *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.; кустарниковый ярус представлен *Amorpha fruticosa* L., *Crataegus ambigua* C.A. Mey. ex A.K. Becker, *Salix cinerea* L., *S. triandra* L. и другими фоновыми видами. В травянистом покрове преобладают обычные полусорные лесные и луговые виды; значительные площади заняты зарослями *Phragmites altissimus* (Benth.) Mabilie, в которых нередки лианы *Rubia tinctorum* L., *Calystegia sepium* (L.) R. Br., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray.

Изучение биоты макромицетов проводилось в осеннее-весенний период 2024 г. классическими полевыми методами. Обнаружено 45 видов из 36 родов, 24 семейств, семи порядков классов *Agaricomycetes* и *Tremellomycetes*. В долине регулярно встречаются *Agaricus xanthodermus* Genev., *Schizophyllum amplum* (Lév.) Nakasone, *Coprinellus micaceus* (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson, *Auricularia auricula-judae* (Bull.) Quél., *A. mesenterica* (Dicks.) Pers., *Cerioporus squamosus* (Huds.) Quél., *Cellulariella warnieri* (Durieu & Mont.) Zmitr. & Malysheva, *Lactarius rufus* (Scop.) Fr., *Stereum subtomentosum* Pouzar. Анализ субстратной приуроченности показал преобладание сапротрофов на валежной и сухостойной древесине лиственных деревьев.

Климатические факторы дыхательной активности ксилотрофных грибов

Climatic factors of respiratory activity of xylotrophic fungi

Диярова Д.К.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

dasha_d@ipae.uran.ru

Физиологическим механизмом эмиссии CO₂ древесными остатками является аэробное дыхание ксилотрофных грибов, поэтому изучение их реакции на изменение климата – одна из актуальных задач современной экологии. На примере субстратного мицелия восьми видов дереворазрушающих грибов (*Daedaleopsis tricolor*, *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis betulina*, *Hapalopilus nidulans*, *Steccherinum ochraceum*, *Stereum hirsutum*, *Trametes versicolor* и *T. pubescens*) проведена оценка влияния температуры и влажности на удельную CO₂-эмиссионную активность.

Результаты показывают, что повышение температуры с +10 до +40°C у всех видов сопровождается усилением эмиссии диоксида углерода и ее максимум у *F. betulina*, *S. hirsutum*, *T. pubescens*, *T. versicolor*, *F. fomentarius*, *S. ochraceum*, наблюдается при +30°C, а у *H. nidulans*, *D. tricolor* – при +40°C. Как показывают результаты корреляционного анализа, CO₂-эмиссионная активность тесно и положительно связана с температурой при различной влажности древесных субстратов. Установлено, что при повышении температуры на каждые 10°C в диапазоне от +10 до +30°C, CO₂-эмиссионная активность возрастает в 1.9–2.8 раза.

Эксперименты по искусственному увлажнению древесных субстратов показывают, что в целом для них характерна положительная связь между удельной CO₂-эмиссионной активностью и влажностью. Вместе с тем оказалось, что реакция CO₂-эмиссионной активности зависит от вида гриба-деструктора. Так, эмиссия CO₂ усиливается в 2–3 раза при повышении влажности с 40 до 70% у *D. tricolor*, *F. fomentarius*, *F. betulina*, *T. versicolor*, *T. pubescens*, у *H. nidulans* и *S. ochraceum* остается на одном уровне, а у *S. hirsutum* не меняется при увеличении влажности с 40 до 55% и снижается при увеличении с 55 до 70%.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 24-24-00404), а также Государственного соглашения ИЭРиЖ УрО РАН (№ 122021000092-9).

Порядок Exobasidiales (Basidiomycota) в России

Exobasidiales (Basidiomycota) in Russia

Дудка В.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

dudkavasiliy.a@gmail.com

В ходе исследования максимально полно собраны и обобщены сведения о порядке *Exobasidiales* в России на основе литературных данных, ревизии гербарного материала и личных сборов. Впервые для шести видов *Exobasidium* были получены нуклеотидные последовательности. Получены филогенетические деревья, в результате филогенетического анализа порядка, подтверждают современное деление порядка на семейства и выделение в них отдельных родов, а также самостоятельность выделяемых видов. Из-за недостаточно накопленных молекулярных данных, филогенетическая позиция и эволюционные связи некоторых видов *Exobasidiales* остаются неясными. Несмотря на это, прослеживаются определенные эволюционные линии, связанные с таксономической принадлежностью растения-хозяина.

В общей сложности выявлено 36 видов экзобазидиальных грибов на территории России из четырех родов и трех семейств. Выявлено новое для микобиоты России семейство *Brachybasidiaceae* с родом *Kordyana* и видом *K. commelinae* и три вида рода *Exobasidium*. Описан новый для науки вид *E. nannfeldtii* и обнаружены два потенциально новых для науки вида. Два вида – *E. burtii* и *E. decolorans* на *Rhododendron* spp., ранее отмеченные на территории России, были переопределены как *Exobasidium miyabei*. В рамках работы не удалось подтвердить нахождение *Exobasidium caucasicum* на *Rhododendron caucasicum* на исследуемой территории. Ставится под сомнение положение *Exobasidiellum graminicolum* в порядке *Exobasidiales*. В рамках работы подтверждена и дополнена ранее предложенная Й. Наннфельдом концепция видовой специализации в роде *Exobasidium*. Расширено представление о распространении представителей *Exobasidiales* на территории России. Для многих административных регионов России выявлены новые находки видов *Exobasidium*.

Плазмодиальные миксомицеты лесных сообществ Биоцентра Воронежского государственного университета «Веневитиново»Plasmodial myxomycetes of forest communities of the Biological Center
of Voronezh State University "Venevitinovo"

Елфимова Н.В., Мануковская И.А., Мелькумов Г.М.

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

agaricbim86@mail.ru

Плазмодиальные миксомицеты – группа грибообразных, наземных, спорообразующих протистов, сочетающих в своем жизненном цикле как подвижные трофические, так и неподвижные расселительные стадии. Сбор материала осуществлялся в марте-ноябре 2022–2024 гг. на территории лесных сообществ Биоцентра Воронежского государственного университета «Веневитиново», расположенного в Новоусманском районе Воронежской области. Идентификация таксонов миксомицетов проводилась по общепринятым методикам.

В результате микологического исследования обнаружено 70 видов плазмодиальных миксомицетов, относящихся к классу *Mycetozoa*, пяти порядкам, 10 семействам и 30 родам. При анализе морфологических особенностей выявленных видов установлено, что большинство таксонов обладают белой (43) и желтой (25) окраской плазмодия, образуют плодовые тела в виде спорангия (59) и плазмодиокарпа (16), характеризуются шаровидной (40), подушковидной (18) и цилиндрической (17) формой споротеки, имеют споры коричневой (38), фиолетовой (29) и черной (22) окраски с поверхностью, орнаментированной бородавками (30), шипиками (19) и сеточкой (13).

Чаще всего в качестве субстрата миксомицетами Биоцентра ВГУ используются гниющая древесина (55), кора живых деревьев и гнилые растительные остатки (16), мертвая кора (15) и лиственный опад (14). Подавляющее большинство видов миксомицетов относится к ксилотрофному субстратному комплексу (62), меньшее число таксонов – к эпифитному (38) и подстилочному (33). Необходимо детальное изучение скрытого разнообразия плазмодиальных миксомицетов на рассматриваемой территории, в том числе с использованием метода влажных камер в лаборатории.

К изучению лишенобиоты о. Кунашир (Курильские острова, Сахалинская область)

The study of the lichen biota of Kunashir Island (Kuril Islands, Sakhalin Region)

Зуева А.С., Чесноков С.В., Конорева Л.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

annazueva5@gmail.com

Кунашир – самый южный остров Большой Курильской гряды и один из самых крупных из Курильских островов. Его территорию покрывают хвойные и широколиственные леса, включающие в себя около 20 древесных пород, а также разнообразные одревесневающие лианы и кустарники. Столь высокое разнообразие субстратов, наряду с влажным островным климатом и сложным рельефом, является причиной высокого разнообразия лишайников.

Лишенобиота острова Кунашир является одной из наиболее изученных среди лишенобиот Курильских островов. Значительный вклад в изучение видового разнообразия лишайников внесли М. Sato, С.И. Чабаненко, А.В. Домбровская, Л.И. Бредкина, Т. Randlane, А.Н. Титов. Исследования активно продолжают в настоящее время А.К. Ежкин, И.А. Галанина, А.В. Богачева и участники нашей научной группы. В настоящее время для Кунашира известно 373 вида лишайников, однако разнообразие лишенобиоты острова выявлено далеко не полностью.

В период с 15 августа по 1 сентября 2024 года первым автором были обследованы территории в южной части острова, заложено 38 основных и одна дополнительная пробная площадь. К настоящему времени в сборах выявлено 75 видов лишайников, в том числе 21 вид, ранее не приводившийся в литературе для о. Кунашир. В ходе исследования было подтверждено произрастание на Кунашире охраняемых видов, таких как *Bryocaulon pseudosatoanum* (Asahina) Kärnefelt, *Hypogymnia fragillima* (Hillmann) Rass., *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Menegazzia nipponica* K.H. Moon, Kurok. & Kashiw., *M. subsimilis* (H. Magn.) R. Sant. (Красная Книга РФ) и *Usnea diffracta* Vain. (Красная Книга Сахалинской области).

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 25-24-00070 «Проявление островного эффекта в лишенобиотах Курильских островов».

Coniolepiota (Agaricaceae) Вьетнама

Coniolepiota (Agaricaceae) of Vietnam

Иванова Д.Д.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

krakatau1349@yandex.ru

Тропический род *Coniolepiota*, описанный в 2011 году, долгое время оставался монотипным, включая в себя один вид – *Coniolepiota spongodes* (Berk. & Broome) Vellinga. Для этого вида характерны эффектные базидиомы средних размеров, шляпки которых покрыты пурпурно-лиловыми порошкообразными чешуйками, бесцветные споры, булавоовидные базидии с четырьмя стеригмами, цилиндрические хейлоцистиды и Т-образные элементы пилеипеллиса. Единственный представитель рода был известен из Шри-Ланки, Малайзии, Таиланда, Сингапура, Бангладеша, Китая и Индии. До настоящего исследования для территории Вьетнама род не был отмечен.

Материалом для исследования послужили образцы базидиом, собранные сотрудниками БИН РАН О.В. Морозовой, Е.С. Поповым и А.Е. Коваленко в ходе экспедиций в южный Вьетнам в 2010 и 2018 годах в национальных парках Каттхьен и Бузямап. Базидиомы были обнаружены на почве на термитнике во влажных тропических лесах с участием *Tetrameles nudiflora*, *Lagerstroemia* sp. и *Azalia xylocarpa*. Изучение материала проводилось посредством морфологического и молекулярно-генетического методов. Макроморфологические признаки описывались по фотографиям и записям, сделанным коллекторами в поле. Микроморфология изучалась при помощи светового микроскопа, препараты изготавливались с использованием 5%-го раствора КОН. Для филогенетического анализа были построены деревья на основе последовательностей участка ITS1–5.8S–ITS2 и nrLSU.

В результате проведенного исследования *Coniolepiota spongodes* был впервые отмечен для Вьетнама из двух местонахождений в национальном парке Бузямап, а *C. alexandri* D.D. Ivanova & O.V. Morozova был описан как новый для науки вид, отличающийся от типового белыми базидиомами, более крупными базидиоспорами, неправильными веретеновидными и субутриформными хейлоцистидами.

Работа выполнена при поддержке проекта «Эколан 1.5» Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра и программы № 124013100829-3 (БИН РАН).

Афиллофороидные грибы минорных субстратов на плато Гуниб (Республика Дагестан)

Aphyllorphoroid fungi of minor substrates on the Gunib Plateau (Republic of Dagestan)

Иванушенко Ю.Ю.¹, Волобуев С.В.²¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия;²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

yuliya.ivanushenko@mail.ru

Афиллофороидные грибы в лесных экосистемах являются ведущей эколого-трофической группой, видовой состав которых меняется в зависимости от древесной породы, ее количества и стадии разложения древесины (Ежов, 2015).

Основными лесообразующими породами на плато Гуниб являются *Pinus kochiana* и *Betula* spp. (Омарова, 2005). Минорные субстраты (единичные древесно-кустарниковые породы, занимающие нижний древесный и кустарниковый ярусы леса) на плато представлены *Salix caprea*, *Alnus incana*, *Populus tremula*, *Carpinus betulus*, *Pyrus* spp., *Tilia cordata*, *Prunus* spp., *Sorbus* sp., *Euonymus verrucosus* и *Rosa* spp. *Juniperus oblonga* образует кустарниковый ярус; ассоциированным с ним видам посвящена отдельная работа (Volobuev, Ivanushenko, 2020).

Обследование территории плато Гуниб проводилось нами в 2018–2022 гг., в результате чего на минорных субстратах отмечено 46 видов, которые относятся к 36 родам и восьми порядкам. Согласно полученным данным только с *Populus tremula* ассоциировано шесть видов (*Antrrodia minuta*, *Artomyces ruxidatus*, *Funalia trogii*, *Oxyporus corticola*, *Peniophora rufa*, *Phellinus tremulae*); только с *Salix caprea* – четыре вида (*Ceriporia purpurea*, *Daedaleopsis confragosa*, *Fomitiporia punctata*, *Lyomyces crustosus*); только с *Alnus incana* – три вида (*Antrodiella ichnusana*, *Ceriporia torpida* и *Peniophora violaceolivida*); по два вида найдено только на *Carpinus betulus* (*Byssomerulius corium*, *Fuscoporia contigua*) и *Pyrus communis* (*Dichomitus campestris*, *Phellinus pomaceus*); по одному виду отмечено на *Euonymus verrucosus* – *Phylloporia ribis* и на почве – *Thelephora caryophyllea*.

36 отмеченных видов являются сапротрофами, заселяя валежную древесину и сухостой, четыре вида – факультативные патогены, четыре вида – патогены, два вида – микоризообразователи. По типу гнили преобладают грибы, вызывающие белую гниль (89%), и только 11% видов, найденных нами на минорных субстратах – бурую. Полученные данные позволяют детально изучить микобиоту плато и расширить сведения о субстратных предпочтениях и экологии грибов.

Ферментация спор черных трюфелевых грибов брюхоногими моллюсками

Fermentation of the spores of the black truffle by mollusks

Имидоева Н.А., Малыгина Е.В., Бelyшенко А.Ю., Вавилина Т.Н., Дмитриева М.Е., Шелковникова В.Н., Мартынова Е.И., Аксёнов-Грибанов Д.В.

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

natasha-imideva@rambler.ru

Трюфели являются аскомицетами и участвуют в микоризном симбиозе, образуя плодовые тела в почве. В природных условиях трюфели распространяются животными-микофагами, такими как, кабаны, мелкие грызуны и др. О микофагии брюхоногих моллюсков известно мало, а имеющиеся исследования касаются употребления в пищу миксомицетов и базидиомицетов. Нами предположено, что брюхоногие моллюски *Achatina* sp. и *Helix pomatia* могут играть аналогичную роль в биологическом цикле трюфелей для распространения спор на короткие расстояния.

Так, целью исследования является разработка способа биологической ферментации спор черного трюфеля *Tuber macrosporum* брюхоногими моллюсками. Чтобы достичь поставленной цели, моллюсков кормили вареным картофелем с добавлением измельченного трюфеля после 5-дневной диеты из вареного картофеля для очищения ЖКТ от остатков пищи. Полученную в процессе дефекации моллюсков суспензию отбирали в пробирки с добавлением воды.

Результаты микроскопии показали, что споры находятся в асках по 4–8 шт. После процесса ферментации происходит разрушение асков и высвобождение одиночных спор, которые изменяли свою морфологию. Далее проводили инокуляцию полученной суспензии на агаризованную питательную среду. Для этого на предметное стекло наносили 1 мл среды Сабуро, а суспензию наносили поверх застывшей капли. Предметное стекло помещали в чашки Петри и инкубировали при температуре +24°C. Установлено, что после недели инкубации споры не образовывали мицелий. Они оставались объемными до 10 дней, и уже по истечению двух недель начинали формировать гифы.

Показано, что в ЖКТ брюхоногих моллюсков *Achatina* sp. и *H. pomatia* присутствуют ферменты, разрушающие защитные оболочки спор *T. macrosporum*. Кроме того, были проведены работы по

проращиванию спор на агаре. Разрушение асков позволяет спорам быстрее прорасти и формировать мицелий, что увеличит урожайность трюфелей в условиях искусственного культивирования.

Исследование проведено при финансовой поддержке проекта РНФ № 22-76-10036.

Эпифитные лишайники буковых лесов Дагестана

Epiphytic lichens of the beech forests of Dagestan

Исмаилов А.Б.

Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

i.aziz@mail.ru

Буковые леса Дагестана изолированно произрастают в Предгорном и Высокогорном физико-географических районах, разделенные обширной аридной областью внутригорий. В совокупности в них зарегистрировано 186 видов эпифитных лишайников, относящихся к 98 родам из 43 семейств. Из них в предгорных буковых лесах встречаются 116 видов из 67 родов и 31 семейства, в высокогорных – 142 вида, относящихся к 81 роду и 39 семействам. Для высокогорных буковых лесов специфичными являются 70 видов, 31 род и 11 семейств, для предгорных – 44 вида, 17 родов, пяти семейств лишайников. Общими для изученных лесов являются 72 вида из 50 родов и 27 семейств. Коэффициент сходства Жаккара – 0.38. Ядро лихенофлоры изученных лесов составляют семейства *Lecanoraceae*, *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Ramalinaceae*, позиции их видов и родов в спектрах отличаются, что непосредственно отражает различие условий среды.

Таксономически лихенофлора буковых лесов Высокогорного физико-географического района более разнообразна и специфична, но показатели родового коэффициента одинаково низкие – предгорья – 1.73, высокогорья – 1.75, что предполагает влияние миграционных процессов на флорогенез. В пользу аллохтонности лихенофлоры изученных лесов свидетельствует и низкий уровень ее специфичности в масштабе широколиственных лесов Кавказа. Лишайники буковых лесов Высокогорного Дагестана близки к лихенофлоре широколиственных лесов Восточной Грузии (Кахетия), например, по составу гигрофитов из семейств *Collemataceae*, *Lobariaceae*, *Nephromataceae*, что привело к формированию здесь обособленного от предгорий лишайникового комплекса с ядром из цианобионтных гигрофитов. В свою очередь буковые леса Предгорного Дагестана близки к широколиственным лесам Низменного Дагестана по сходству представителей семейств *Arthoniaceae*, *Ramalinaceae*, *Physciaceae* и в целом представленностью таксонов класса *Arthoniomycetes*, что способствовало формированию здесь флорогенетически схожего лихенокомплекса из теплолюбивых трентеполионидных видов.

Пайплайн для метабаркодинга грибов с помощью Nanopore

Pipeline for fungal metabarcoding using Nanopore

Ишманов Т.Ф.¹, Звягина Е.А.^{1,2}, Филиппов И.В.¹, Филиппова Н.В.¹

¹Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

t_ishmanov@mail.ru

Грибы играют важную роль в функционировании экосистем, выступая в качестве основных компонентов в круговороте питательных веществ и формировании симбиотических отношений. Технологии следующего и третьего поколения (NGS/TGS) позволяют обрабатывать множество образцов и генерировать миллионы прочтений, что увеличивает объем данных для анализа биоразнообразия. TGS обеспечивает считывание длинных последовательностей по сравнению с NGS, позволяя получить более полное представление о генетической вариативности. Однако TGS имеет меньшую точность прочтений по сравнению с NGS. Использование алгоритма жадной кластеризации не позволяет корректно группировать длинные шумные прочтения TGS. Для обработки данных TGS искусственных сообществ грибных патогенов человека показал свою эффективность UMAP-HDBSCAN.

Целью нашей работы было апробирование этого метода для обработки данных TGS метабаркодинга грибных сообществ. Для этого был разработан пайплайн на Bash и Python 3, который на этапе кластеризации использует UMAP-HDBSCAN имплементированный в NanoCLUST. Пайплайн апробирован на данных секвенирования ампликонов локуса ITS1–5.8S–ITS2 на Nanopore MinION. Проанализированы 46 проб, в среднем по 111822 сырых ридов. Каждая проба кластеризовалась в среднем на 218 кластеров, более 80% консенсусов успешно классифицированы до рода и 50% до вида со сходством более 99%. Качество полученных консенсусов достаточно для ручного курирования выравниванием на референс и, следовательно, последовательности пригодны для использования в филогенетических построениях.

В целом, результаты обработки были сопоставимы с результатами обработки данных NGS и давали последовательности около 700 пар нуклеотидов, более эффективные для построения филогений. Таким образом, подготовленный пайплайн с использованием UMAP-HDBSCAN позволяет корректно анализировать TGS данные и может быть использован для метабаркодинга грибов природных сообществ.

Эпилитные лишайники в биотопах Петрозаводского городского округа (Республика Карелия)

Epilithic lichens in the biotopes of the city of Petrozavodsk (Republic of Karelia)

Киркина М.П., Сони́на А.В.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

sou11essness404@gmail.com

Исследование выполнено в Петрозаводском городском округе (столице Республики Карелия) в 2024 году. В городе складываются разнообразные условия для обитания эпилитных лишайников на побережьях рек и Онежского озера, в лесных сообществах, парках, в жилой застройке. Лишайники приурочены к минеральным субстратам природного (камни, валуны) и антропогенного происхождения (бетон, толь, шифер). Из занимаемой городом площади в 135 км², обследована территория примерно в 30 км². Сбор образцов лишайников выполнен в 35 точках.

Выявлено 68 таксонов эпилитных лишайников. Большее число видов – на открытых местообитаниях: прибрежные зоны реки Лососинки (18 видов лишайников), а также на набережной Онежского озера (20 видов), где наряду с камнями природного происхождения находятся и антропогенные субстраты. Меньшим числом видов характеризуются лесные биотопы (в среднем – пять видов). Лесные сообщества в черте Петрозаводского городского округа представлены ельниками, возрастом 80–150 лет. Здесь встречаются редкие камни частично покрытые почвой и мхами. Лишайники выявлены на поверхности камней на лесных тропинках, обнажившихся в результате вытаптывания.

На основании кластерного анализа выделяется три группы биотопов: прибрежно-водные, парковые и жилой застройки, городские леса. Прибрежно-водные биотопы включали субстраты природного происхождения: валуны в русле реки, на побережье и на набережной Онежского озера. Здесь встречаются гигрофиты из родов *Verrucaria* и *Hymenelia*. Парковые биотопы и жилая застройка включали антропогенные субстраты, отличающиеся химическим составом от природных. На таких субстратах встречены *Candelariella aurella*, *Verrucaria muralis*. Третий биотоп объединил точки сбора из лесных растительных сообществ, которые отличались бедностью видового состава эпилитных лишайников. Здесь выявлены эпилиты: *Trapelia coarctata*, *Brianaria sylvicola*. Коэффициент сходства Жаккара между выделенными группами не превышает 0.11, что свидетельствует о высокой специфичности лишайников выделенных биотопов.

К изучению хемотаксономии лишайников рода *Cladonia* P. Browne Кодорского ущелья

The study of chemotaxonomy of lichens of the genus *Cladonia* P. Browne from the Kodor Gorge

Комарницкая Н.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

nkornitskaya@binran.ru

Проведены морфолого-анатомические и хемотаксономические исследования видов рода *Cladonia* P. Browne, собранных на территории Кодорского ущелья (Абхазия). Работа основана на материалах Ю. Н. Воронова (сборы 1899 года) и Л. В. Гагариной (сборы 2013 года), хранящихся в лихенологическом гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), а также на собственных сборах 2024 года. Изучение морфологического и анатомического строения талломов лишайников осуществлялось посредством световой микроскопии. Вторичные метаболиты лишайников определялись методом тонкослойной хроматографии (TLC).

Состав вторичных метаболитов является одним из ключевых параметров при определении видов рода *Cladonia*. В результате данного исследования было выявлено 19 видов изучаемого рода. Самым распространенным веществом в исследованных образцах является фумарпротоцетраровая кислота. Также были обнаружены атранорин, рангиформовая, норрангиформовая, скваматовая, секикаивая, гомосекикаивая, мерохлорофаевая, 4-О-метилкриптохлорофаевая, псоромовая, тамноловая, барбатова, 4-О-деметилбарбатова, усниновая, изоусниновая, родокладоновая кислоты, зеорин. Три образца, этикетированные как «*Cladonia furcata*», были переопределены как *Cladonia rangiformis*. Два образца «*Cladonia pyxidata*» были отнесены к *Cladonia pocillum*.

Исследования проведены в рамках тем государственного задания БИН РАН «История, сохранение, изучение, пополнение гербарных фондов Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН»

(№ 124020100148-3) и «Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира» (№ 121021600184-6).

Лишайники семейства *Megasporaceae* острова Врангеля

Megasporaceae (lichenized Ascomycota) of Wrangel Island

Кузьмина И.А., Пауков А.Г.

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

irina.kuzmiina@yandex.ru

Остров Врангеля (70°40'–71°40' с. ш., 178°30' в. д.–177°00' з. д.) расположен на северо-востоке России, между Восточно-Сибирским и Чукотским морями, отделен от материка проливом Лонга. Административно относится к Иультинскому району Чукотского АО и входит в состав государственного природного заповедника «Остров Врангеля». Длина острова от мыса Западный до мыса Уоринга – 144 км, ширина от мыса Эванса до пересыпи Сомнительная – 78 км. Центральная часть занята горами, наивысшая точка – гора Советская (1096 м н.у.м.). Северную часть острова занимает равнина Тундра Академии. Остров находится в зоне сплошного распространения вечной мерзлоты (Качурин, 1952), мощность которой вдоль побережья достигает 600 м, в центральных районах – 1000 м. Среднегодовая температура воздуха – 11.3°C, среднегодовая относительная влажность воздуха – 88%. Годовое количество осадков 162 мм. Снежный покров держится 240–250 дней, его поверхность неровная, часто встречаются заструги. Полярный день длится с 12 мая по 26 июля, ночь – с 18 ноября по 25 января (Кестер, 1980).

Цель работы состояла в изучении видового разнообразия семейства *Megasporaceae* на острове Врангеля по собранным коллекциям с использованием сравнительно-морфологических и молекулярных методов. В результате исследования выявлено 15 видов, относящихся к *Megasporaceae*. Часть из них, *Aspicilia fimbriata*, *A. perradiata*, *A. sublapponica*, *A. subadians*, *Oxneriaria mashiginensis*, *O. permutata*, *O. virginea* и *Sagedia zonata*, распространены по всей арктической зоне Евразии. Два вида, *Aspicilia granulosa* и *A. heteroplaca*, известны из европейской Арктики и Субарктики. Четыре вида, *Aspicilia arctica* var. *altior*, *A. anseris*, *A. bicensis* и *A. nikrapensis*, известны из Северной Америки и Гренландии. Ряд изученных образцов не диагностируются морфологическими и химическими методами и могут представлять новые таксоны.

Выражаем благодарность С.В. Чеснокову, Л.А. Конорева и Г.С. Евдокимову за предоставленные материалы. Исследование проведено при поддержке РНФ (грант № 23-04-00070).

Влияние экспозиции склонов на лишайниковый покров береговых скал в долине р. Чусовая

Influence of slope exposure on lichen cover of coastal rocks in the Chusovaya River valley

Лаврская Е.А.

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, Пермь, Россия;

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ekandr.sh@yandex.ru

Экологические факторы влияют на создание микроклиматических условий на элементах рельефа береговых скал, изменяют среду для произрастания тех или иных видов лишайников. Экспозиция склонов скал создает значимые различия условий произрастания, изменяется освещенность, тепло- и влагообеспеченность, что может влиять на сложение лишайникового покрова.

Для изучения лишайникового покрова береговых скальных фитоценозов были заложены учетные площадки размером 30×30 см (всего 712 учетных площадок). Полевые работы проводились в 2017–2024 гг. в долине р. Чусовая на территории Свердловской области и Пермского края.

На исследованном участке обнаружено 157 видов лишайников. Количество видов лишайников выше на южных и восточных склонах (47% и 44.6% от всей лишайнобиоты соответственно). Наибольшие различия в видовом составе наблюдаются на скалах с экспозицией юго-восток и северо-восток (коэффициент Жаккара равен 19%), юго-запад и северо-запад (коэффициент Жаккара 18.7%).

На склонах разной экспозиции прослеживаются различия в строении лишайникового покрова, выраженные в первую очередь в количестве видов и проективном покрытии лишайников на учетной площадке. Наибольшие средние значения как количества видов на площадке, так и проективного покрытия отмечены на южных экспозициях (юг, юго-запад). Для листоватых и кустистых лишайников среднее значения проективного покрытия и количества видов на площадке выше на южных и юго-западных склонах. Накипные виды помимо юго-западных склонов широко представлены на севере и северо-западе, среднее проективное покрытие выше на западе.

Резистентность фитопатогенных грибов *Microdochium nivale* к флудиоксонилюResistance of phytopathogenic fungi *Microdochium nivale* to fludioxonilЛебедева А.А.^{1,2}, Мурзагулова Г.Ш.¹, Рязанов Е.А.¹, Шатрава К.А.^{1,2}, Гоголева О.А.¹, Горшков В.Ю.^{1,2}¹Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия;²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

iebedevanasty@85gmail.com

Заболевание розовая снежная плесень, вызываемая психротолерантными грибами *Microdochium nivale*, представляет серьёзную угрозу для эффективного возделывания зерновых культур. Основным «инструментом» борьбы с этим заболеванием являются фунгициды, но список эффективных препаратов ограничен ввиду развития патогена под снежным покровом и быстрого возникновения фунгицид-резистентных форм. Одним из рекомендованных и широко используемых для борьбы со снежной плесенью фунгицидов является флудиоксонилю, механизм действия которого заключается в чрезмерной активации биосинтеза глицерина, что в итоге приводит к разрыву гиф гриба. Формирование резистентности к флудиоксонилю у *M. nivale* не описано, и поэтому целью нашей работы стало исследование процесса адаптации *M. nivale* к флудиоксонилю.

На первом этапе работы нами проведен скрининг на чувствительность к флудиоксонилю 136 изолятов *M. nivale*, отобранных с двух территорий, различающихся почвенными и агротехническими условиями. В результате скрининга было установлено, что 22% изолятов чувствительны к этому фунгициду. На втором этапе исследования среди чувствительных изолятов выбирали штаммы, чувствительные к минимальным дозам флудиоксониля, которые постепенно адаптировали *in vitro* к повышенным концентрациям фунгицида. Для оценки изменения физиологических свойств штаммов в процессе адаптации, проводили оценку вирулентности адаптированных к флудиоксонилю штаммов и их исходных чувствительных форм. В нашем исследовании не выявлено достоверных различий в вирулентности между исходными и адаптированными штаммами, это позволяет предположить, что возникновение устойчивости к флудиоксонилю не приводит к изменению вирулентности штаммов. Таким образом, в результате нашей работы было показано, что у штаммов *M. nivale* может формироваться резистентность к флудиоксонилю, и это не приводит к изменению их вирулентности.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-16-00086 и госзадания ФИЦ КазНЦ РАН.

Новые виды грибов рода *Paraphoma*, найденные на растениях Приморского края, и продуцируемые ими вторичные метаболиты
New *Paraphoma* species found in plants in the Primorye Territory of Russia and their secondary metabolitesЛукина Е.Г.¹, Хмелькова Е.И.^{1,2}, Казарцев И.А.¹, Берестецкий А.О.¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия;²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

elizaveta121999@mail.ru

Представители рода *Paraphoma* Morgan-Jones & J.F. White являются сапротрофными и фитопатогенными микромицетами, поражающими вегетативные ткани растений. В настоящее время идентификация видов данного рода осуществляется с помощью полифазного подхода, основанного на изучении морфолого-культуральных признаков и данных мультилокусного филогенетического анализа. Кроме того, известно, что некоторые виды *Paraphoma* являются продуцентами вторичных метаболитов, которые могут быть рассмотрены в качестве хемотаксономических маркеров для идентификации грибов этого рода.

Из растений, относящихся к семействам *Asteraceae* и *Solanaceae*, собранных в Приморском крае, выделено четыре изолята фомоидных микромицетов, предварительно отнесенных к роду *Paraphoma*. Цель работы – провести идентификацию изолятов и оценить их потенциал в качестве продуцентов вторичных метаболитов.

В результате мультилокусного молекулярно-филогенетического анализа, выполненного на основании секвенирования последовательностей ITS, *tub2* и *tef1-a*, а также изучения морфолого-культуральных признаков, выявлены три, вероятно, новых для науки вида рода *Paraphoma*, выделенные из растений семейства *Asteraceae*. Изолят, найденный на *Physalis* sp., идентифицирован как *Paraphoma ledniceana*. С помощью метода ВЭЖХ-УФ/Вид-МС в составе этилацетатных экстрактов всех изолятов, полученных из культур, выращенных на картофельно-глюкозном агаре, обнаружены производные тетрамовой кислоты: парафеосферид D (= филлостиктин A), феосферид A и другие соединения данного ряда. Таким образом, на растениях семейства *Asteraceae* и *Solanaceae* найдены три потенциально новых вида рода *Paraphoma*, а также вид *Paraphoma ledniceana*. Показано, что все микромицеты являются

продуцентами производных тетрамовой кислоты. Данные соединения могут быть рассмотрены как хемотаксономические маркеры для идентификации грибов данного рода.

Работа выполнена при поддержке РФФИ-NSFC (проект № 24-46-00005).

Новый вид *Didymium* из Вьетнама

A new species of *Didymium* from Vietnam

Луптакова А.Д., Приходько И.С., Новожилов Ю.К.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

aluptakova@binran.ru

В ходе полевых исследований таксономического и экологического разнообразия микобиоты Вьетнама были отобраны образцы различных растительных субстратов для выявления миксомицетов во влажных камерах. Работы были проведены в заповеднике Сонг Тхань (Sông Thanh) на участке тропического горного первичного полидоминантного высокоствольного леса. В результате, на листовом опаде неопределенного вида дерева были обнаружены колонии хорошо сформировавшихся спорокарпов темнеспорового миксомицета из рода *Didymium*. Анализ морфологических признаков с помощью световой и электронной сканирующей микроскопий показал отличие данного морфовида от других известных видов рода *Didymium*. Сопоставление частичных последовательностей генов ядерной 18S рРНК и митохондриальной 16S рРНК, равно как и поиск через BLAST, подтвердили, что изучаемый материал относится к новому для науки виду.

Работа выполнена при поддержке проекта «Эколан 1.5» Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра и программы № 124013100829-3 (БИН РАН).

К ревизии рода *Laccaria* (Agaricales, Hydnangiaceae) в Западной Сибири

Towards the revision of *Laccaria* (Agaricales, Hydnangiaceae) in Western Siberia

Лутовинова В.А., Филиппова Н.В.

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

vikalovedoshik@mail.ru

Представители рода *Laccaria* (Agaricales, Hydnangiaceae) – микоризообразующие базидиомицеты, характеризующиеся тонкомясистыми плодовыми телами с гигрофанными шляпками (от розовато-коричневых до фиолетовых оттенков). Виды рода, такие как *L. laccata* и *L. amethystina*, широко распространены в хвойных и лиственных лесах умеренной зоны. В мире описано около 75 представителей рода, в чеклисте Агарикоидных базидиомицетов России их представлено 22 вида.

Целью работы являлось провести ревизию рода *Laccaria* на севере Западной Сибири с позиций современной систематики и с использованием комплексного подхода. Среди задач: ревизия образцов коллекций рода, представленных в Фунгарии Югорского государственного университета (YSU); собственные сборы в ходе полевых исследований в окрестностях Ханты-Мансийска; определение образцов по морфологическим признакам; проведение секвенирования nrITS региона образцов и филогенетические анализы.

В коллекции Фунгария ЮГУ было выявлено 95 образца рода *Laccaria*, собранных в семи регионах России (66 образцов из Ханты-Мансийского автономного округа). Время сбора образцов пришлось на период с июля по сентябрь, с 2015 по 2024 год. Сбор осуществлялся в следующих биотопах: хвойные, смешанные и хвойно-лиственные леса, а также сосново-сфагновые болота. Плодовые тела произрастали на таких субстратах, как почва, мох, песок и сфагнум. Коллекторами являются Н.В. Филиппова, Т.М. Бульонкова, И.А. Горбунова, Е.А. Бутунина, В.А. Лутовинова. Исходное разнообразие видов в коллекции ограничивалось четырьмя видами (*L. laccata*, *L. bicolor*, *L. montana*, *L. proxima*), 20 образцов не были определены до вида. На первом этапе образцы прошли экспертизу по базе данных и фотографиям. Затем были изучены и сохранены в базе данных микро-признаки образцов. Получено предварительное определение для 72 образцов коллекции в следующем количестве по видам: *L. laccata* 28 шт., *L. proxima* 31 шт., *L. bicolor* 12 шт., *L. amethystina* 1 шт.

Работа выполнена в рамках проекта FENG-2024-0003 № 1023041300017-6-1.6.4.

**Микобиота государственного природного заказника областного значения
«Воронежская нагорная дубрава»**

Mycobiota of the regional State Nature Reserve “Voronezhskaya Nagornaya Dubrava”

Мелькумов Г.М., Погосян А.А., Домашова А.В.

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

agaricbim86@mail.ru

Государственный природный заказник областного значения «Воронежская нагорная дубрава» («ВНД») – это многовековой лес в России, на территории которого находятся древние курганы и городища. Заказник является территорией изучения биологического разнообразия видов. Сбор полевого материала проводился маршрутным методом в весенне-осенний периоды 2023–2024 гг. на территории «ВНД». При идентификации видов микобиоты использовались микроскопы МБС-10 и Биомед-1, определение трофической приуроченности и пищевой ценности грибов проводили по современным определителям.

В результате микологического исследования обнаружено 76 видов плазмодиальных миксомицетов и 220 таксонов грибов, относящихся к отделам Мухомycota, Ascomycota и Basidiomycota, трем классам, 18 порядкам, 63 семействам и 131 роду.

Выявленные виды миксомицетов чаще всего в качестве субстрата используют гниющую древесину (60), лиственный опад (23), кору живых (13) и мертвых (12) деревьев. Подавляющее большинство видов слизевиков обладают ксилобионтным субстратным комплексом (25), реже – принадлежат к эпифитному (5) и подстилочному (4) типу.

Анализ трофической приуроченности сумчатых и базидиальных грибов показал, что большая часть видов, встречающихся на территории заказника «Воронежская нагорная дубрава», являются сапротрофами (108), среди которых преобладают ксило- (32), гумусовые (29) и подстилочные (11) сапротрофы. Микоризообразователями являются 67 видов грибов. Среди выявленных таксонов 45 представителей микобиоты при определенных условиях способны менять свой тип питания. При анализе пищевой ценности установлено, что подавляющее число видов грибов относится к съедобным (98), несъедобным (86) и ядовитым (26).

Особенности биологии макромицетов с шиповатым гименофором, актуальные для биотехнологии
Biotechnologically relevant characteristics of hydroid macromycetes

Миронова Э.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

elechka-03@mail.ru

В последние годы возрос интерес к макромицетам-продуцентам питательных и биологически активных веществ. Из 15 видов, активно культивируемых макромицетов, только один обладает шиповатым типом гименофора – *Hericium erinaceus*. В то же время, грибы с шиповатым гименофором, в частности представители родов *Hericium* и *Mycoleptodonoides*, могли бы послужить перспективными продуцентами питательных веществ пищевого назначения и источниками полезных метаболитов, применимых в фармакологии. Тем не менее, некоторые виды данной группы, например, *Mycoleptodonoides vassiljevae* остаются неизученными.

В ходе исследования, посвященного изучению характеристик макромицетов с шиповатым гименофором, были проведены опыты по получению культур на вегетативной стадии развития, а также базидиом исследуемых штаммов. Проведены тесты для выявления антимикробной активности. В результате исследования выявлено, что образование плодовых тел у *H. coralloides* наблюдалось на 10 сутки; у *H. erinaceus* – на 11 сутки; плодовые тела *M. vassiljevae* не были получены, что, указывает на необходимость проведения дальнейших исследований для выявления условий инициации образования плодовых тел у данного вида. Все три проанализированных штамма проявили активность в отношении бактерий. Выявлено антимикотическое действие экстракта культуральной жидкости *M. vassiljevae* в отношении *Fusarium oxysporum*. В условиях опыта было выявлено, что выраженная активность, в основном, проявляется только на вегетативной стадии развития культур. Полученные результаты могут быть использованы для проведения более подробных исследований в области интенсивного культивирования.

История изучения лишайнобиоты Республики Татарстан

History of the study of lichens of the Republic of Tatarstan

Мифтахова Г.И., Прохоров В.Е.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

iamguzelia@gmail.com

На сегодняшний день лишайнобиота Республики Татарстан мало изучена, однако есть данные о некоторых исследованиях. Мы провели анализ ключевых работ, составили список видов для региона и базу данных лишайников Республики Татарстан.

Самые ранние исследования лишайников на территории Республики Татарстан относятся к XIX веку, первые образцы собраны С.И. Коржинским (1882–1884, 1885) и П.Н. Крыловым (1883). Их данные вошли в серию работ А.А. Еленкина «Флора лишайников Средней России» (1906, 1907, 1911). За период 1902–1914 гг. работы в Казанском университете К.С. Мережковским была собрана коллекция, которая насчитывает 1650 образцов для Казани на период 1909–1913 гг. Значительное время не регистрировались новые исследования лишайников, и только в 1979 году появляются новые работы, автором которых была Н.В. Малышева. Исследованием лишайников в Татарстане занимался Э.И. Байбаков, начиная с 1996 года он опубликовал работы о лишайноиндикации, а в последствии в 2003 году защитил диссертацию. В XXI веке значимой по изучению лишайнобиоты Республики Татарстан была работа Г.П. Урбанавичюса и И.Н. Урбанавичене по Волжско-Камскому государственному природному заповеднику, где был составлен список лишайников на основе коллекций за 2000–2003 гг., состоящий из 242 видов, 85 родов и 37 семейств. В период с 2007 по 2009 годы лишайнофлору Татарстана изучала А.С. Евстигнеева. Ею был создан аннотированный список лишайников Республики Татарстан и произведен таксономический анализ лишайнофлоры. Она выявила 401 видов, 116 родов и 48 семейств для региона.

В гербарии Казанского федерального университета (KAZ) насчитывается 22000 единиц хранения лишайников. Нами был составлен список лишайников для Республики Татарстан, основанный на работах Н.В. Малышевой, Г.П. Урбанавичюса и И.Н. Урбанавичене, также учитывали список А.Е. Евстигнеевой и гербарные данные (KAZ). По нашим данным, на 2024 год лишайнобиота Республики Татарстан составляла 406 вида. В базу данных вошли названия видов, их систематика и охранный статус.

Болезни дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в лесных и парковых зонах Воронежской областиDiseases of *Quercus robur* L. in forest and park areas of Voronezh Region

Мыщкова А.А., Мелькумов Г.М.

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

annamyts@yandex.ru

В связи с резко изменяющимися экологическими условиями среды дуб стал более подвержен влиянию абиогенных и биогенных стрессоров, что ослабляет его и предрасполагает к возникновению патологического процесса различной этиологии. Микологическое исследование проводилось в апреле–октябре 2020–2024 гг. в лесных и парковых зонах Воронежской области. Идентификацию возбудителей болезней и определение их трофической специализации проводили по современным определителям.

В результате работы обнаружено 79 видов грибов, вызывающих поражение вегетативных и генеративных органов *Quercus robur* и относящихся к четырем отделам, восьми классам, 23 порядкам, 44 семействам и 66 родам. При анализе трофической специализации грибов, установлено, что большинство таксонов паразитируют на стволах дуба черешчатого (49 видов), в меньшей степени – на листьях (13), плодах (12) и корнях (6). Чаще всего проявляется третья группа болезней, поражающая молодые и стареющие растения (72), реже встречается вторая группа (поражающая только стареющие растения) с семью видами фитопатогенов.

В лесных и парковых сообществах Воронежской области дуб черешчатый подвержен таким болезням как мучнистая роса, пятнистости, сосудистый микоз листьев, стволовые и корневые гнили, некроз коры, ступенчатый (нектриевый) рак, мумификация, белая и черная гниль плодов (желудей). Данные типы болезней приводят к частичному или полному засыханию и отмиранию листьев, загниванию семян, плодов, ветвей, стволов, корней и древесины, повреждению коры, поражению семян и потери их всхожести. В результате исследования были предложены рекомендации снижения вредоносности заболеваний дуба в лесопарковых сообществах Воронежской области.

Культуральные свойства *Akanthomyces uredinophilus* – нового перспективного вида энтомопатогенных грибов

Cultural characteristics of *Akanthomyces uredinophilus*, a new perspective species of entomopathogenic fungi

Назметдинова А.И.¹, Чоглокова А.А.², Митина Г.В.², Черепанова М.А.²

¹Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
Санкт-Петербург, Россия;

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия
4oglik@inbox.ru

На территории России в Республике Адыгея впервые обнаружены изоляты вида энтомопатогенного гриба *Akanthomyces uredinophilus*. Грибы выделены из насекомых отрядов *Hemiptera* и *Diptera*.

Оценены технологические показатели трех изолятов при росте в глубинной культуре на трех видах сред – ДПГ (дрожжевой экстракт, пептон, глюкоза), полной с пептоном (ПП) и промышленной среде с инактивированными дрожжами и сахаром. На среде ПП титр бластоспор для изолятов Б 7 и Б 10 был выше, чем на ДПГ. Для изолята Б 3 продуктивность была выше на среде ДПГ. Наибольший выход биомассы показан для изолятов Б 3 и Б 10 на среде ПП. На промышленной среде оцененные показатели были ниже почти в два раза для всех трех изолятов. Было определено количество КОЕ в биомассе изолятов после ее высушивания и шести месяцев хранения. Для образцов изолятов Б 3 и Б 10 установлена более высокая жизнеспособность спор, полученных на среде ПП, а Б 7 – на ДПГ.

Оценен рост изолятов на агаризованных средах с различными источниками углеводов. Изолят Б 3 активнее всего рос на среде с арабинозой и лактозой. Б 10 показал самую высокую скорость роста среди исследуемых изолятов, особенно на средах с сахарозой, лактозой и арабинозой. Изолят Б 7 показал низкую скорость роста на всех шести видах сред. Таким образом, изоляты *A. uredinophilus* проявили внутривидовые различия по продуктивности спор. Также установлено, что все изученные изоляты обладают высокой вирулентностью в отношении персиковой тли и не проявляют фитотоксичности в отношении растений салата.

Комплексы культивируемых микромицетов в почвах при отступлении Цейского ледника

Complexes of culturable micromycetes in soils at the retreat of the Tsei glacier

Николаев Н.С.^{1,2}, Кирцидели И.Ю.¹, Ильюшин В.А.¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
fungikita@mail.ru

Микроскопические грибы являются неотъемлемой частью микробиоты и осуществляют широкий спектр процессов в почве. Все более актуальной становится тема глобального изменения климата, следствием которого является отход ледников – процесс их таяния и деградации. После схода ледника на его месте образуются каменистые осыпи, на которых начинается активный процесс почвообразования.

Исследовали комплексы микроскопических грибов, в образцах каменистых субстратов и почв, сформировавшихся на участках, освободившихся при отступлении Цейского ледника в течении более чем 150 лет. Видовую принадлежность определяли морфологическими и молекулярными методами (секвенирование по региону ITS). Грибы отдела *Micoromycota* представлены восьмью видами. Отдел *Basidiomycota* – тремя видами. *Ascomycota* представлен 71 видом. Наибольшее число видов относится к семейству *Aspergillaceae*, преимущественно за счет видов рода *Penicillium* (17 видов).

Численность микромицетов в почвах последовательно увеличивалась от нескольких единиц до 2.2 миллионов пропагул (КОЕ/г). Экспоненциальное увеличение численности наблюдается в течении первых лет, в дальнейшем носит более выравненный характер. Изоляты микроскопических грибов обладали высоким уровнем целлюлозолитической активности – 65% изученных изолятов, лигнинолитической – более 32%, амилолитической активности – 43%, способностью образовывать органические кислоты – 40%. При отступлении ледника отмечено последовательное изменение численности и биоразнообразия культивируемых микроскопических грибов, соответствующее прямой заместительной модели первичной сукцессии, что характеризует экосистему как стабильную.

Дополнение к лихенофлоре Оленекского флористического района

Addition to the lichen flora of the Olenek floristic district

Новгородова А.И.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН ЯНЦ СО РАН, Якутск, Россия

n_anya_98@mail.ru

Оленекский флористический район занимает северо-западную часть лесной зоны Якутии и охватывает бассейны рек Анабар и Оленек. Район расположен в пределах Анабаро-Оленекского плато и западной оконечности кряжа Чекановского. Растительность характеризуется распространением моховых и мохово-лишайниковых листовенных редколесий, тундр и горных тундр. Ввиду того, что специальные лихенологические исследования в данном районе не проводились, а сборы лишайников были сделаны к геоботаническим описаниям, лихенофлора района представлена крайне скудно, насчитывает 84 вида (10% от общего числа видов лишайников Якутии).

Изучение флоры лишайников проводилось автором в июле 2024 года в Оленекском национальном улусе в окрестностях рек Улахан-Хаптасыннах и Бороску-Унгуохтах (бассейн р. Анабар). По результатам полевых исследований определено 60 видов лишайников из 31 рода, 10 семейств, шести порядков класса Lecanoromycetes отдела Ascomycota. Новыми для Оленекского флористического района являются 18 видов лишайников: *Arctoparmelia separata*, *Asahinea scholanderi*, *Cladonia stygia*, *Dactylina ramulosa*, *Melanelia stygia*, *Melanohalea infumata*, *Melanohalea septentrionalis*, *Montanelia panniformis*, *Montanelia soledata*, *Parmelia saxatilis*, *Phaeophyscia sciastra*, *Pilophorus robustus*, *Pseudephebe minuscula*, *Pseudephebe pubescens*, *Ophioparma ventosa*, *Tuckermannopsis ciliaris*, *Stereocaulon botryosum*, *Umbilicaria deusta*.

Редкими в районе исследования являются лишайники *Pilophorus robustus*, *Montanelia soledata*, *Stereocaulon botryosum*, *Umbilicaria deusta*. Впервые найден на северо-западе Якутии вид *Asahinea scholanderi*, занесенный в Красные книги РФ и Якутии как редкий вид, имеющий значительный ареал, но в пределах Якутии он встречается спорадически и характеризуется небольшой численностью популяций.

Распространение видов рода *Peltigera* Willd. на территории Тульской области

Distribution of species of the genus *Peltigera* Willd. in the Tula Region

Новоселова Е.А.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия

lenok.novosylova02@gmail.com

На территории Тульской области (ТО) известно 10 видов рода *Peltigera*, из которых семь включены в региональную Красную книгу, что определяет актуальность регулярных исследований. Исходные данные о распространении этой группы в 12 административных районах ТО были получены А.В. Гудовичевой в 2001–2015 гг. и Е.Э. Мучник в 2021–2022 гг. В 2023–2024 гг. автором было продолжено изучение лихенофлоры ТО в рамках проведения мониторинга охраняемых видов, в ходе которого было выявлено 9 видов рода *Peltigera*, обнаружено 56 новых местонахождений, расширена география находок до 14 районов. На основании анализа полученных данных можно заключить следующее:

1) виды рода *Peltigera* отмечены в большинстве административных районов (в 14 из 22) и во всех природных зонах области (подзона подтайги, зоны широколиственных лесов и лесостепи);

2) наиболее широко распространены *P. praetextata* и *P. rufescens* (более 30 и 15 находок соответственно, из 9 р-нов области, во всех зонах);

3) спорадически встречаются *P. didactyla* (7 местонахождений в 7 р-нах, во всех зонах) и 2 вида Приложения 1 Красной книги ТО: *P. canina* (6 в 5 р-нах, во всех зонах) и *P. extenuata* (5 в 4 р-нах, в подзоне подтайги);

4) ограниченное распространение имеют краснокнижные для ТО виды: *P. polydactylon*, категория 3 (8 в 6 р-нах, подтайга и зона широколиственных лесов); *P. neopolydactyla*, категория 2 (1 находка, Дубенский р-н, зона широколиственных лесов, 2004 г.); *P. malacea*, категория 2 (2 локалитета Суворовского р-на, подтайга); *P. neckeri*, категория 1, и *P. ponojensis*, Приложение 1 (единично в Ефремовском (лесостепь) и Заокском р-нах (подтайга)). Исследование 2023–2024 гг. расширило сведения о распространении и встречаемости видов рода *Peltigera*, подтвердило категории охраняемых видов. Обнаружение нового местонахождения *P. ponojensis* дало основание рассматривать вид в качестве кандидата в основной список следующего издания Красной книги ТО.

Выражаю благодарность научному руководителю к.б.н. Т.Ю. Светашевой и научному консультанту д.б.н. Е.Э. Мучник за всестороннюю помощь и поддержку.

Микроскопические грибы на древесных субстратах прибрежных арктических территорий России

Microfungi on woody substrates of the coastal Arctic territories of Russia

Панькова И.Г., Кирцидели И.Ю., Ильюшин В.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

inna2008@nextmail.ru

Микроскопические грибы обладают высоким адаптационным потенциалом, благодаря которому могут осваивать субстраты в разных климатических зонах, в том числе арктической. Работ, посвященных процессам деструкции древесины микроскопическими грибами, преимущественно аскомицетами, их таксономическому составу, видовому разнообразию в арктическом регионе очень мало из-за его труднодоступности.

Нами был определен видовой состав микроскопических грибов, разрушающих древесину-плавник и антропогенно привнесенную древесину, отобранную в арктическом регионе (архипелаг Земля Франца-Иосифа, архипелаг Северная Земля, Новая Земля, остров Визе). Было показано, что по числу выделенных видов микроскопических грибов с древесины различного генезиса наиболее представленным является отдел Ascomycota, к нему относится 74% выделенных видов, к отделу Basidiomycota – 14% и отдел Mucoromycota был представлен только 12% выделенных видов. Было проведено сравнение видового состава микроскопических грибов, выделенных с древесины из различных природных зон Арктики.

Также нами было показано изменение в структуре комплексов микроскопических грибов от зоны полярных пустынь к тундровой зоне. В частности, отмечено увеличение доли изолятов и видового разнообразия микромицетов рода *Penicillium*, а также снижение доли дрожжевых форм микроскопических грибов. Были отмечены различия комплексов микромицетов сформированных на древесине – плавника и антропогенно-привнесенной древесине. Показано, что порода древесины плавника практически не влияет на формирование комплексов микроскопических грибов, это возможно связано с длительным пребыванием древесины в водной среде.

История изучения дискомицетов Московского региона

The history of the study of discomycetes in Moscow Region

Погостина Д.Д.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

pogostinadd@my.msu.ru

Дискомицеты – внетаксономическая группа в отделе Ascomycota. Несмотря на длительную историю изучения фунги Московского региона, современный список видов дискомицетов данной территории отсутствует.

Историю изучения дискомицетов Московского региона можно разделить на четыре периода. Первый, ботанический, характеризуется включением грибов в списки флоры региона среди растений. Первая подобная работа опубликована Ф.Х. Стефаном в 1792 г. Позднее, Георги и Мартиусом были опубликованы аналогичные списки, а Анненковым и Гольдбахом изданы серии эксикатов. Классический период начался с работ Ф.В. Бухгольца, первая из которых была опубликована в 1897 году и заложила основу последовательному и целенаправленному изучению грибов отдельно от растений. В это время в регионе сформировались как минимум две микологические школы. Первая связана с именем графини Е.П. Шереметьевой, которая покровительствовала молодым ученым, приглашая их пополнять коллекцию ее естественно-исторического музея в подмосковной усадьбе – Село Михайловское. Вторая школа сформировалась в Московской (ныне Тимирязевской) сельскохозяйственной академии. Интенсивные исследования микологов обеих школ продолжались до 1911 г. Позднее интерес исследователей сместился в сторону практически значимых видов. Этот период мы предлагаем рассматривать как прикладной. Упоминания находок дискомицетов в работах того времени единичны. Современный период исследования фунги Московского региона связан с работами профессора Биологического факультета МГУ В.П. Прохорова, его студентов и коллег. Они специализировались на целенаправленном изучении дискомицетов.

Нами был составлен аннотированный список видов на основании анализа 95 публикаций (1792–2022 гг.), включающий 524 вида из пяти классов. Учитывая большое число описанных на настоящий момент видов дискомицетов и неоднородность изученности территории, можно предположить, что дальнейшие исследования могут принести новые данные о разнообразии этой группы грибов в Московском регионе.

**Н.А. Пальчевский как коллектор Микологического гербария Всероссийского
научно-исследовательского института защиты растений и его наследие**

N. Palchevsky as a collector of Mycological herbarium of All-Russian institute of plant protection

Полуэктова Е.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

ek.poluektova@list.ru

Микологический гербарий Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР) имеет давнюю и удивительную историю. Первые образцы коллекции были собраны А.А. Ячевским, с тех пор гербарий активно пополнялся за счет сборов отечественных и зарубежных ботаников и микологов (Берестецкая и др., 2012). Значительное количество образцов, собранных на Дальнем Востоке России в конце XIX – начале XX века, принадлежит Н.А. Пальчевскому.

Николай Александрович был направлен туда на службу после окончания военного училища, а свободное от работы время он посвящал исследованию дальневосточной флоры (Хисамутдинов, 1998). В 1888 году Пальчевский был командирован военным губернатором Приморской области для исследования причин появления «пьяного хлеба» и условий, благоприятствующих развитию этого неизвестного ранее заболевания на злаках. Использование зараженного зерна в пищу человеком и на корм животным вызывало отравление и стало настоящим бедствием для приморских крестьян. Несмотря на то, что Н.А. Пальчевский не имел необходимого оборудования, он смог собрать обстоятельный микологический материал, который затем представил для обработки академику М.С. Воронину (Сюзев, 1909). Результат этого исследования был отражен в большом научном труде «Болезни культурных злаков Южно-Уссурийского края», изданном в 1891 году. В ходе этой работы была собрана коллекция образцов *Fusarium roseum* Link, которая является раритетом Микологического гербария ВИЗР, а также ряд других микроскопических грибов, найденных на колосьях злаков. Таким образом, Николаем Александровичем был впервые опубликован список грибов Южно-Уссурийского края.

Другие эксикаты Н.А. Пальчевского были собраны позднее, в 1902–1903 годах в путешествии по южному Приморью, в Первой Сихотэ-Алинской экспедиции 1906 года и некоторых других поездках (Хисамутдинов, 2005). Многолетний труд Николая Александровича стал основой для дальнейших фитопатологических исследований и способствовал развитию микологии.

Литофильная лихенобиота хребта Большой Таганай, Южный Урал

Saxicolous lichen biota of Bolshoy Taganay range, South Urals

Попова О.Ю., Пауков А.Г.

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

o.iu.popova@urfu.ru

Хребет Большой Таганай расположен на восточном макросклоне южной части Уральских гор. Сложен горными породами Таганайской свиты: кварциты, графит-кварцевые, слюдяные и гранатовые сланцы. Первые данные о разнообразии лишайников хребта Таганай приводит А.Н. Оксер в 1945 г. Он указывает 14 видов для хребтов Большой и Малый Таганай. Наиболее полный список лихенофлоры хребта Таганай составлен А.М. Волковой в 1966 г.: список включает 61 вид лишайников для высокогорной части хребта. После этого крупных исследований территории не проводилось.

В ходе исследований на хребте Большой Таганай было выявлено 60 видов литофильных лишайников. По литературным данным ведущими семействами лихенобиоты силикатных пород на Урале являются Parmeliaceae, Cladoniaceae, Umbilicariaceae, Peltigeraceae и Lecanoraceae. Наши данные показывают преобладание другого спектра семейств: Rhizocarpaceae (8), Cladoniaceae (7), Umbilicariaceae (7), Lecanoraceae (6), Parmeliaceae (6), что можно объяснить уникальными экологическими условиями, сложившимися на хребте. Основные места сбора лишайников представлены курумами, что ведет к формированию специфических условий как локально повышенная влажность и пониженная температура.

В ходе работ был обнаружен ряд видов редких лишайников – *Gyrographa gyrocarpa* (Flot.) Ertz & Tehler, *Fuscidea praeruptorum* (Du Rietz & H. Magn.) V. Wirth & Vězda, которые обитают на влажном силикатном субстрате. В сходных условиях обнаружены большинство представителей сем. Megasporaceae. Находки *Lepra monogona* (Nyl.) Hafellner из Таганая – вторые на Южном Урале. *Psorula rufonigra* (Tuck.) Gotth. Schneid. распространенный, однако редко отмечаемый вид, обитает на слоевище *Spilonema revertens* Nyl.

Кварциты характеризуются меньшим видовым богатством лишайников, чем основные и ультраосновные породы региона, однако обладают специфичностью благодаря особенностям химического состава и комплексу параметров среды, благоприятствующих развитию комплекса гигро- и сциофильных лишайников.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ № 23-44-00070.

Потенциал использования зернового мицелия лекарственных грибов в качестве пищевой добавки Possible use of grain mycelium of medicinal mushrooms as a superfood

Попыванов Д.В.

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Киров, Россия
1fast@mail.ru

Базидиальные грибы известны как источники биологически активных соединений, обладающих антимикробным, антиканцерогенным и иммуномодулирующим действием. Одной из ключевых групп таких соединений являются полисахариды, выделяемые из плодовых тел, биомассы мицелия или культуральной среды. Полисахариды базидиальных грибов выполняют широкий спектр биологических функций у грибов, включая накопление энергии, обеспечение структуры клеточной стенки, участие в межклеточных взаимодействиях, передаче сигналов и гликозилировании белков.

Исторически применение полисахаридов базидиальных грибов наиболее активно развивалось в странах Дальнего Востока, где были заложены основы в исследованиях их фармакологических свойств. Сегодня интерес к этим соединениям продолжает расти благодаря их уникальным свойствам.

Было установлено, что полисахаридные фракции, выделенные из мицелия *Hericium erinaceus*, оказывают положительное воздействие на нейтрофилы крови человека в условиях стрессового воздействия. Кроме того, полисахариды усиливают фагоцитарную, бактерицидную и антиоксидантную активность нейтрофилов, а также повышают устойчивость клеток к стрессу за счет стабилизации процессов перекисного окисления липидов в клеточных мембранах.

Анализ пищевой ценности зернового мицелия лекарственных грибов *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus*, *Fomes fomentarius*, *Laetiporus sulphureus* и *Ganoderma applanatum*, предоставленных НИИЦ Миколойн, позволил установить, что зерновой мицелий данных видов, полученный на субстрате из ржи, содержит до 15% белков и до 2.3% жиров. Проведенный аминокислотный анализ зерномицелия показал присутствие в составе указанных видов незаменимых аминокислот, что свидетельствует о его высокой пищевой ценности и потенциале использования в качестве функциональной пищевой добавки.

Таксономический статус морфологического вида *Polyschismium carestianum* (Didymiaceae, Myxomycetes)

Taxonomic status of the morphospecies *Polyschismium carestianum* (Didymiaceae, Myxomycetes)

Приходько И.С., Бортников Ф.М., Новожилов Ю.К.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
iprikhodko@binran.ru

Миксомицеты (Myxomycetes), или настоящие плазмодияльные слизевики, образуют монофилетичную кладу внутри супергруппы Амoebozoa, для представителей которой характерно образование относительно сложных плодовых тел. Внешний вид и внутренние структуры плодовых тел лежат в основе традиционной систематики группы, однако с распространением молекулярно-филогенетических методов многие таксоны миксомицетов подверглись критической ревизии.

Род *Polyschismium*, возрожденный в результате реконструкции двухгенной филогении, включает на данный момент 14 валидных видов. Объектом нашего исследования являются морфологические виды *P. carestianum* и *P. granuliferum*, а также разновидность *P. carestianum* var. *pseudocarestianum*, которые формируют единую монофилетичную кладу в трех- и четырехгенных филогениях, однако порядок ветвления и таксономический статус указанных таксонов являются поводом для дискуссии. Для разрешения этих вопросов мы расширили выборку изучаемого материала, а также применили технологию секвенирования геномов с малым покрытием («genome skimming»). Полученные результаты позволили провести обоснованную таксономическую ревизию данного комплекса видов и уточнить их положение на филогенетическом дереве темноспоровых миксомицетов.

Работа выполнена в рамках плановой темы «Таксономическое, экологическое и структурно-функциональное разнообразие грибов и грибообразных протистов» (№ 12401310-0829-3) и при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2021-1056.

Изучение лишайной биоты о. Гогланд (Финский залив, Ленинградская область)

Study of the lichen biota of Gogland Island (Gulf of Finland, Leningrad Region)

Родионова А.А.¹, Гимельбрант Д.Е.^{1,2}, Степанчикова И.С.^{1,2}¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

lyn.alvashak@gmail.com

История исследования лишайников внешних островов Финского залива насчитывает более 170 лет. Среди них о. Гогланд – уникальная территория в отношении степени изученности лишайной биоты. На основании публикаций и результатов нашей работы в гербариях разных стран можно выделить четыре исторических периода ее изучения.

Первый период начался в 1851 г., когда финский ученый Эдвин Нюландер (Edvin Nylander) сделал первые сборы лишайников на о. Гогланд. В 1867–1868 и 1870–1873 гг. здесь работал Магнус Бреннер (Mårten Magnus Wilhelm Brenner), а в 1875 г. – Эдвард Август Вайнио (Edward August Vainio).

В следующий период (1876–1924 гг.) целенаправленных исследований лишайников на острове не проводили. Единичные сборы представляют массовые виды лишайной биоты.

Третий период (1925–1939 гг.) также связан с именами финских ученых. Вели Рясänen (Veli Räsänen) за сутки пребывания на острове (24 августа 1925 г.) собрал более сотни образцов лишайников. В 1939 г. на о. Гогланд независимо друг от друга работали Антеро Панкакоски (Antero Pankakoski) и Эрнст Хайрен (Ernst Häyrén). Финские периоды исследования Гогланда завершаются с его переходом под юрисдикцию СССР в 1939 г.

Четвертый период изучения лишайной биоты Гогланда связан с открытием для посетителей островов Финского залива (1990-е годы). В этот период известны лишь единичные сборы, выполненные в 1992 г. финскими ботаниками Пертти Уотила (Pertti Uotila) и Матти Коувонен (Matti Kouvo). Позднее на Гогланде работали российские ботаники, собравшие менее сотни образцов массовых видов лишайников.

В исследованиях лишайной биоты Гогланда участвовали 17 коллекторов из разных стран. Собранные ими образцы хранятся в восьми гербариях четырех стран Европы, общее количество образцов примерно 1640. Современные исследования лишайной биоты на о. Гогланд проводятся лихенологической группой СПбГУ и БИН РАН – с 2020 по 2022 гг. состоялись три экспедиции, завершается обработка собранных материалов.

Экстремофильные микроскопические грибы как продуценты биопестицидов нового поколения

Extremophilic microscopic fungi as producers of new generation biopesticides

Рошка Ю.А.¹, Садыкова В.С.¹, Васильченко А.С.², Левшин И.Б.¹, Польшаков В.И.³¹Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе, Москва, Россия;²Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия;³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

roshkajulia@gmail.com

На сегодняшний день одним из перспективных направлений поиска продуцентов антимикробных соединений, потенциально ценных для целей биотехнологической индустрии, является скрининг среди экстремальных местообитаний. Так, в ходе исследования дана оценка распространенности способности к продукции антимикробных метаболитов среди 277 изолятов психротолерантных микроскопических грибов, выделенных из экосистем озера Байкала и Антарктиды. Штамм *Penicillium chrysogenum* ИНА 01369 был отобран на основании максимальной антимикробной активности в отношении всего ряда проанализированных тест-культур.

В ходе исследования были определены условия культивирования и состав среды для ферментации штамма *Penicillium chrysogenum* ИНА 01369; для идентифицированных методами ЯМР-спектromетрии и хромато-масс-спектротометрии стереоизомеров секалоновых кислот, димерных тетрагидроксантионов, выделенных из индивидуального активного компонента мицелия штамма, уточнены типы антимикробной активности в отношении широкого спектра микроорганизмов, включая грамположительную мультирезистентную бактерию *Staphylococcus aureus*, грамотрицательные бактерии *Escherichia coli* ATCC 25922 и *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, фитопатоген *Pectobacterium carotovorum* VKM-B1247 и микроскопические грибы *Fusarium oxysporum* VKPM F 890, *Aspergillus fumigatus* VKM F-37 и *Aspergillus niger* ATCC 16404. Геномный и химический анализы дополнительно подтверждают, что штамм *P. chrysogenum* ИНА 01369 является перспективным природным источником для разработки антимикробных препаратов и применения в качестве агента биологического контроля среди экстремофильных микроскопических грибов.

Разнообразие *Cortinarius* subgen. *Dermocybe* лесных и болотных экосистем тайгиDiversity of *Cortinarius* subgen. *Dermocybe* in forest and bog ecosystems of taiga

Рудыкина Е.А., Звягина Е.А.

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

lena-rudykina@mail.ru

К подроду *Dermocybe* относятся виды, образующий микоризу с древесными растениями и имеющие ярко окрашенные антрахиноновыми пигментами базидиомы. Многие виды *Dermocybe* содержат опасные токсины. Сейчас в мире известно более 60 видов, в России – около 28 видов, в таежной зоне Западной Сибири – четыре вида. В связи с произошедшей глобальной ревизией подрода и особенностями экологии видов представляется актуальной ревизия разнообразия видов подрода в таежных экосистемах. Для этого были собраны образцы в лесных и болотных сообществах севера Западной Сибири и Республики Карелия и использованы последовательности метабаркодинга из грунта верховых болот.

В филогенетический анализ было включено 39 последовательностей ITS1–5.8S–ITS2, полученных из сухих ваучерных образцов методом секвенирования по Сэнгеру и 41 последовательность ITS2 из метабаркодинга проб грунта верховых болот на Illumina MiSeq, а также референсные последовательности типовых образцов из GenBank и последовательности из современных филогенетических исследований.

В филогенетическом дереве последовательности изученных образцов и проб грунта принадлежали к 19 поддерживаемым ветвям видового уровня и одному морфовиду, представленному близкими последовательностями, не группирующимися в поддерживаемую ветвь. 13 ветвей из них принадлежали к ранее известным в России видам *C. cruentiphyllus*, *C. phoeniceus*, *C. sanguineus*, *C. davemallochii*, *C. semisanguineus*, *C. holoxanthus*, *C. cinnamomeus*, *C. uliginosus*, *C. aurantiobasis*, *C. huronensis*, *C. sphagnogena*, *C. bataillei*, *C. croceus*. Последовательности образцов морфологически сходных с *C. uliginosus* сформировали две хорошо поддерживаемые ветви *C. uliginosus* и *Cortinarius* sp.

В итоге, выявлено 20 видов *Dermocybe*. Предположительно семь из них – новые для России и Югры, и один возможно не описанный ранее вид.

Работа выполнена в рамках проекта FENG-2024-0003 № 1023041300017-6-1.6.4.

Новые данные о видовом разнообразии миксомицетов (Мухомycetes) Купанского лесничества национального парка «Плещеево озеро» (Ярославская область)

New data on the Muxomycetes species diversity of the Kupanskoe forestry of the Pleshcheyevo Lake National Park (Yaroslavl Region)

Сакулин С.В.¹, Гмошинский В.И.², Кондакова Г.В.¹¹Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия;²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

sakulin.1999@mail.ru

В последние годы проводится активное исследование биоты национального парка «Плещеево озеро» (НП), однако информация о многих группах организмов носит отрывочный характер. Миксомицеты – один из таких примеров. Целью работы является изучение видового разнообразия миксомицетов на территории Купанского лесничества НП. Сбор образцов проводили в 36, 37, 51, 52 кварталах в течение полевых сезонов 2023 и 2024 гг. Заложено семь пробных площадок в следующих типах леса: сосняк с березой брусничный, черноольшанник тростниковый, липняк с кленом с примесью березы и сосны, сосняк сфагновый, ельник сложный, сосняк черничный и ивняк снытево-разнотравный.

За два сезона проанализировано 379 образцов, из которых 249 были идентифицированы до вида и еще 41 – до рода. Видовое разнообразие миксомицетов Купанского лесничества НП в настоящий момент представлено 60 видами из шести порядков, 11 семейств и 26 родов. Наибольшим разнообразием характеризуется порядок *Trichiales* (23 вида; 38.3% от общего числа видов), в котором ведущим является род *Arcyria* (8 видов). Остальные порядки представлены меньшим числом видов: *Physarales* (21; 35%), *Stemonitidales* (12; 20%), *Cribrariales* (2; 3.3%) *Reticulariales* и *Clastodermatales* (по 1 виду; 1.7%). Представители рода *Lycogala*, относящиеся к порядку *Reticulariales*, не определены до вида и при оценке таксономической структуры не учитывались.

Альфа-разнообразие миксомицетов в обследованных растительных ассоциациях достаточно велико (Индекс Шеннона (H') от 2.4 до 3.3), выравненность находится на высоком уровне (Индекс Симпсона (1–D) от 0.905 до 0.984). На всех пробных площадках мало общих видов (Коэффициент сходства Жаккара (Kj) от 0.07 до 0.382). В целом район исследования характеризуется наличием большого числа видов (20), доля которых в биоте миксомицетов НП на данный момент составляет менее 0.5%. В частности, обнаружен редкий для России и мира вид – *Comatricha reticulospora* Ing & P.C. Holland.

***Emericellopsis fimetaria* (Pers.) L.W. Hou, L. Cai & Crous: положение в системе
и потенциал биологической активности**

Emericellopsis fimetaria (Pers.) L.W. Hou, L. Cai & Crous: systematic position and potential
for biological activity

Соколов В.В.¹, Малышева К.В.¹, Георгиева М.Л.^{1,2}, Садыкова В.С.¹

¹Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе, Москва, Россия;

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

sokolov.mycology@gmail.com

Род *Emericellopsis*, описанный в 1939 году голландским ученым ван Бейма, к настоящему времени включает в себя 29 видов. Виды рода *Emericellopsis* активно изучают как продуценты антибиотиков с 1957 года, с момента обнаружения цефалоспорины N у *E. salmosynnemata*.

E. fimetaria впервые был описан Персоном в 1799 году как *Leotia fimetaria*, а после 1910 года закрепилось название *Stilbella fimetaria* (Pers.) Lindau. На основании морфологических признаков и реконструкции филогении в 2023 году была введена новая комбинация *E. fimetaria* (Bionectriaceae, Hypocreales, Ascomycota). Внутри рода *E. fimetaria* образует хорошо поддерживаемую кладу с другими видами (*E. exuviaria* и *E. salmonea*). Грибы этого вида показывают широкое географическое распространение, большинство находок связано с животными. *E. fimetaria* был обнаружен на навозе крупного рогатого скота, на помете птиц, кроликов, мышей, крыс в Германии, Австрии, Голландии, Бельгии, Италии, Франции, Англии, на Цейлоне, в Северной Америке, на Кубе, в Южной Африке, Австралии. Сообщалось также о находках *E. fimetaria* в морской воде, в донных отложениях соленых озер Умм Ришах (Египет) и Большой Тамбукан (Россия).

В работе 1973 года была показана антибактериальная и противогрибковая активность *E. fimetaria*, в 1989 году в культуральной жидкости нескольких штаммов были обнаружены нестандартные аминокислоты, входящие в состав пептаиболов (Aib, Iva), в 2000 году – антиамоебины, пептаиболы с противогрибковой и антипротозойной активностью, в 2017 антиамоебины обнаружены у *E. fimetaria* морского происхождения. Большой интерес для изучения биологической активности представляют изоляты *E. fimetaria* из нетипичных для вида местообитаний. У трех изолятов *E. fimetaria* из донных отложений соленого озера Большой Тамбукан обнаружена высокая активность в отношении бактерий и микроскопических грибов, что подтверждает перспективность их дальнейшего изучения и поиска биологически активных веществ.

**Разнообразие и структура комплексов культивируемых микроскопических грибов
в урбозкосистемах Кольской Субарктики**

Diversity and structure of cultivable microscopic fungi complexes in the urban ecosystems of the Kola Subarctic

Сошина А.С.^{1,2}, Корнейкова М.В.^{1,2}

¹Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Апатиты, Россия;

²Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

anastasiya.soshina97@yandex.ru

Последствия урбанизации особенно заметны в уязвимых арктических экосистемах, где их восстановление и развитие ограничивается как экстремальными климатическими условиями, так и высоким уровнем антропогенной нагрузки. Устойчивость и функционирование экосистем в значительной степени определяется их составом (т. е. биоразнообразием), в том числе и микологическим.

Целью исследования был сравнительный анализ количественных и качественных параметров комплексов культивируемых микроскопических грибов в основных местообитаниях (воздух, почва, вода и донные отложения озер) урбозкосистем крупнейшего заполярного города Мурманска и фоновой лесотундры. Численность (КОЕ/г) и видовое разнообразие культивируемых микроскопических грибов определяли методом посева, идентификацию проводили по культурально-морфологическим признакам.

Всего было выделено 54 вида микроскопических грибов из 25 родов, наибольшим видовым разнообразием характеризовались комплексы почвенных микромицетов (29 видов), наименьшим – комплексы микромицетов, обнаруженных в донных отложениях озер (девять видов). Видовой состав микроскопических грибов кластеризовался на наземно-воздушную и водную среды обитания, при этом внутри каждой среды видовой состав в городских и фоновых экосистемах был схож друг с другом.

Во всех изученных городских местообитаниях численность культивируемых микроскопических грибов была ниже относительно фоновых аналогов. Для комплексов микромицетов почв и донных отложений озер в урбозкосистемах выявлена смена доминирующих видов, а также увеличение разнообразия и обилия оппортунистических видов по сравнению с фоновыми аналогами. Наиболее опасными выявленными видами были грибы группы BSL-2: *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus* и *Paecilomyces*

variotii. Полученные результаты свидетельствуют о значительных различиях количественных и качественных параметров комплексов культивируемых микроскопических грибов в урбозкосистемах в сравнении с фоновыми аналогами, особенно в почвах и донных отложениях озер.

История изучения афиллофороидных грибов на территории Калужской области

The history of aphylloroid fungi studies in Kaluga Region

Татаринов Н.Д., Волобуев С.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

ntatarinov@binran.ru

Калужская область расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины. Она находится на границе подзоны хвойно-широколиственных лесов таежной зоны и зоны широколиственных лесов, что представляет большой интерес для изучения обитающих здесь видов ксилотрофных грибов.

Первые сведения о трутовых грибах Калужской области можно найти в монографии всемирно известного отечественного миколога и фитопатолога А.С. Бондарцева (1953). История изучения афиллофороидных грибов на территории региона до 2016 года приведена в обзоре С.В. Волобуева и С.Ю. Большакова (2016), где суммированы сведения о 159 видах. В результате обработки дополнительных литературных источников в монографии «Афиллофороидные грибы европейской части России: аннотированный список видов» приводится 175 видов для Калужской области (Большаков и др., 2022). Дальнейшие специальные исследования биоразнообразия и экологии афиллофороидных грибов проводятся С.В. Волобуевым на территории заповедника «Калужские засеки» (Волобуев, 2022, 2024), где были выявлены новые для региона виды.

Важной частью изучения биоразнообразия является выявление и мониторинг охраняемых видов. Красная книга Калужской области выдержала три издания (2006, 2015, 2024). В региональных сборниках из серии «Кадастровые и мониторинговые исследования биологического разнообразия в Калужской области» приводятся сведения о новых местообитаниях видов афиллофороидных грибов, занесенных в региональную Красную книгу и мониторинговый список (Сионова, Прохорова, 2021, 2023; Попченко, Попченко, 2024). Кроме того, в этих сборниках приводятся результаты комплексных обследований региональных ООПТ, где указываются сведения о находках 30 видов афиллофороидных грибов для памятника природы «Минеральный источник “Резванский”» (Алексанов и др., 2024a) и 35 видов – для памятника природы «Верховое болото Большое Нарышкинское» (Алексанов и др., 2024b). К настоящему времени, для Калужской области зарегистрировано 229 видов афиллофороидных грибов.

Эпилитные лишайники Ладожского побережья Карельского перешейка (Ленинградская область)

Saxicolous lichens of the Ladoga shore of Karelian Isthmus (Leningrad Region)

Тимофеева Е.А.¹, Степанчикова И.С.^{1,2}, Гимельбрант Д.Е.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

eseniyat@list.ru

Несмотря на высокую степень изученности лишайнобиоты Ленинградской области, прибрежные местообитания крупнейшего озера Европы – Ладожского – ранее не являлись объектом специального исследования. Нами изучена лишайнобиота западного побережья Ладожского озера, начиная с пос. им. Морозова и Кошкино на юге и заканчивая заливом Лехмалахти на севере, а также побережье острова Коневец. Всего было заложено 36 временных пробных площадей, проведено их описание и определение видового состава эпилитных лишайников. В результате составлен список из 123 видов. Восемь видов из этого списка оказались новыми для Ленинградской области, два из них, *Aspicilia grisea* Arnold и *Rhizocarpon sublavatum* Fryday, были обнаружены нами впервые для Северо-Запада европейской части России (Stepanchikova et al., 2022, 2024). Шесть видов, *Bellemerea sanguinea* (Kremp.) Hafellner & Cl. Roux, *Endocarpon pusillum* Hedw., *Ephebe hispidula* (Ach.) Horw., *E. lanata* (L.) Vain., *Porocyphus coccodes* Flot. ex Körb. и *Pyrenopsis haemalella* (Nyl.) Blomb. & Forssell, обнаружены в Ленинградской области впервые за 80 и более лет. Для выявленных видов проведен анализ встречаемости, анализ таксономического состава и эколого-субстратный анализ. Представители большинства таксонов относятся к облигатным эпилитам, либо группам, выраженно предпочитающим каменистые субстраты, а именно силикатные. Показано, что по мере продвижения с юга на север растет общее видовое разнообразие лишайников в эпилитных сообществах, что связано с увеличением общей площади каменистых субстратов. В наибольшей степени на видовое разнообразие эпилитов влияет тип субстрата и то, в какой форме и в каких объемах он представлен.

Представители семейства Didymellaceae, выделенные из дикорастущих растений Приморского края, и оценка их потенциала в качестве продуцентов биологически активных веществ
 Diversity of *Phoma*-like fungi of the Didymellaceae family isolated from wild plants of the Primorye Territory of Russia and the evolution of their prospects as producers of biologically active metabolites

Хмелькова Е.И.^{1,2}, Лукина Е.Г.², Казарцев И.А.², Берестецкий А.О.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия
 liza.khmelkova@yandex.ru

В настоящее время большинство представителей фомоидных микромицетов относятся к порядку Pleosporales, семейству Didymellaceae. Идентификация данной группы трудна и требует комплексного подхода, включающего изучение не только морфолого-культуральных и молекулярно-генетических признаков, а в ряде случаев и хемотаксономических. Многие виды этой группы являются продуцентами биологически активных веществ (БАВ), которые могут быть использованы для разработки биопестицидов и лекарственных препаратов.

В работе использовали 22 изолята фомоидных микромицетов, выделенных из растений Приморского края и предварительно отнесенных к семейству *Didymellaceae*. Цель работы – выявить и идентифицировать наиболее интересных продуцентов. Культивирование грибов производили на картофельно-глюкозном агаре. Культуры экстрагировали этилацетатом, и полученные экстракты анализировали методом ВЭЖХ-МС-УФ/Вид. Биологическую активность экстрактов оценивали в отношении следующих объектов: фитотоксическая – *Triticum aestivum* и *Cirsium arvense*; антимикробная – *Bacillus subtilis*; энтомотоксическая – *Galleria mellonella*. Идентификацию грибов проводили по морфолого-культуральным признакам и анализировали последовательности локуса ITS и участка гена β -тубулина (*tub2*).

Из 22 выделенных микромицетов отобрано 11, среди которых обнаружены продуценты макрооксазолов, цитохалазинов и десятичленных лактонов. Экстракты исследуемых изолятов проявили различную степень биологической активности: пять экстрактов показали фитотоксическую активность в отношении *C. arvense*, пять – в отношении *T. aestivum*; экстракты из культур трех изолятов ингибировали рост *B. subtilis*. В результате анализа морфолого-культуральных и молекулярно-генетических признаков пять изолятов были отнесены к роду *Didymella*, три – *Stagonosporopsis*, два – *Boeremia* и один – *Paraboeremia*. Дальнейшая работа будет направлена на более точную идентификацию микромицетов, а также на выделение их метаболитов.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ (проект № 24-46-00005).

Антракнозы плодовых и ягодных культур. Вопросы дифференциации видов

Anthraco-nose of fruit and berry crops. Species differentiation issue

Цветкова Ю.В.

Всероссийский центр карантина растений, Быково, Московская область, Россия;
 Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
 yutska@mail.ru

Возбудители антракнозов являются распространенными патогенами во всем мире. Они поражают как сельскохозяйственные культуры, так и дикорастущих представителей флоры различных регионов.

В результате исследований, проведенных на базе ФГБУ «ВНИИКР» 2020–2023 гг. было показано, что на плодовых и ягодных культурах на территории РФ распространены комплексы видов: *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *C. dematium*, *C. nymphaeae* (Pass.) Aa является распространенным патогеном земляники, на которой также единично выявлены *C. fioriniae* R.G. Shivas & Y.P. Tan, *C. godetiae* Neerg., *C. lineola* Corda. *C. lineola*, типовой вид рода, относящийся к комплексу *C. dematium* также отмечен на растениях малины и сои. Для растений малины показан новый патоген – *C. theobromicola* Delacr. Помимо, малину поражают *C. fioriniae* и *C. fructicola* Prihast. et al.

По морфологическим признакам изоляты *C. fioriniae* схожи с некоторыми изолятами *C. salicis* (Auersw. ex Fuckel) Damm et al., имеют смежные растения-хозяева, но четко различаются по участку ITS1–5.8S–ITS2. Среди растений-хозяев для *C. fioriniae* отмечены боярышник (*Crataegus* sp.), виноград (*Vitis vinifera*), персик (*Prunus persica*), голубика (*Vaccinium* spp.), малина (*Rubus idaeus*), груша (*Pyrus* sp.).

По участку ITS виды *C. salicis* и *C. godetiae* образуют близкие, но хорошо дифференцируемые клады; имеют общие растения-хозяева, среди которых преобладают растения яблони (*Malus* spp.). *C. salicis* выявлен на боярышнике, клюкве и яблоне. При этом на растении боярышника гриб был выделен из отмерших веточек в осенний период, в то время как на плоде яблони присутствовали характерные для антракнозного поражения симптомы.

Участок ITS мало пригоден в качестве маркерного, т.к. может быть использован только для отдельных видов комплекса, наиболее универсальным из изученных последовательностей для дифференциации близкородственных видов является участки генов, кодирующих фермент глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназу.

Первые в России находки энтомопатогенного гриба *Akanthomyces uredinophilus* (Hypocreales: Cordycipitaceae)

The first records of the entomopatogenic fungus *Akanthomyces uredinophilus*
(Hypocreales: Cordycipitaceae) in Russia

Черепанова М.А., Митина Г.В., Чоглокова А.А.

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия
cherepma@mail.ru

Виды грибов рода *Akanthomyces* – энтомопатогенные грибы, заражающие в естественных условиях насекомых из отряда *Hemiptera*. Несколько видов (*A. muscarius*, *A. lecanii*, *A. dipterigenus*) распространены по всему миру, хорошо изучены и уже используются в качестве микопестицидов для защиты растений. В 2015 году в Корее на пустулах ржавчины обнаружили новый вид *Akanthomyces uredinophilus*. С тех пор данный вид находили в странах Европы, Америки, Азии, а выделяли его не только из ржавчинных грибов, но и, что происходило чаще, из насекомых-фитофагов.

В 2019–2022 гг. на территории республики Адыгея были обнаружены образцы, морфологически схожие с описанными ранее представителями *A. uredinophilus*. Они были выделены в чистую культуру, получены моноспоровые изоляты. Выявлено, что колонии собранных образцов по морфологическим и культуральным свойствам также схожи со штаммами *A. uredinophilus*, обнаруженными зарубежными исследователями. На филогенетическом дереве, построенном по пяти последовательностям локусов TEF, SSU, LSU, RPB1 и RPB2, четыре изолята сформировали монофилитическую группу с референсными последовательностями вида *A. uredinophilus* из GenBank. Таким образом, для четырех изолятов была подтверждена принадлежность к новому для России виду *Akanthomyces uredinophilus*.

Для данных изолятов было проведено определение их вирулентности в отношении опасного вредителя растений персиковой тли *Myzus persicae*, лабораторная популяция которой поддерживается на гидропонной культуре конских бобов. Изоляты нового вида показали высокую вирулентность в отношении данного вредителя, причем она оказалась сопоставима или даже выше, чем у запатентованного штамма Г-033 ВИЗР вида *A. muscarius*.

Дополнение к лихенобиоте музея-заповедника «Бородинское поле»

Addition to the lichen biota of the Borodino Field Museum-Reserve

Черепенина Д.А.

Институт лесоведения РАН, Успенское, Московская область, Россия;

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия;

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия
diana0075@mail.ru

Государственный Бородинский военно-исторический музей-заповедник (ГБВИМЗ) находится в Можайском городском округе Московской области. Территория расположена в умеренно-континентальном климатическом поясе, подзоне хвойно-широколиственных лесов Русской равнины. Общая площадь 10970 га включает как лесные, так и парковые участки (XIX–XX вв.): императорский дворцово-парковый ансамбль, Шевардинский парк, аллеи, парк при Спасо-Бородинском монастыре.

Полевые обследования проводились в парковых частях ГБВИМЗ летом 2024 г. Также использованы сборы О.П. Зудиной 2022 г., определенные Е.Э. Мучник. Сбор и камеральная обработка осуществлялись общепринятыми методами. Объем семейств принят по «Outline of Fungi and fungus-like taxa – 2021» (2022), номенклатура – по «Santesson's Checklist of Fennoscandian Lichen-Forming and Lichenicolous Fungi» (2021). Образцы размещены в гербарии Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (МНА).

В результате исследований выявлены 72 вида лишайников и близких к ним грибов, 44 из которых отмечены впервые. С учетом анализа литературных и полевых данных список лихенобиоты ГБВИМЗ включает 90 видов из 46 родов, включенных в 19 семейств. Однако находки четырех видов, указанных С.С. Артюшиной (2000) сомнительны.

В парках отмечены 10 видов, занесенных в Красную книгу Московской области (2018): *Anaptychia ciliaris*, *Bryoria nadvornikiana*, *Parmelina tiliacea*, *Pleurosticta acetabulum*, *Ramalina farinacea*, *R. fraxinea*, *R. pollinaria*, *Usnea glabrescens*, *U. hirta*, *U. lapponica*; обнаружены 11 видов-индикаторов биологически

ценных лесных и парковых сообществ подзоны хвойно-широколиственных лесов: *Acrocordia gemmata*, *Alyxoria varia*, *Bacidia rubella*, *Chaenotheca hispidula*, *Lepra albescens*, *Melanelixia subargentifera*, *Parmelina tiliacea*, *Phaeophyscia pusilloides*, *Pleurosticta acetabulum*, *Pseudoschismatomma rufescens*, *Ramalina fraxinea*.

Лихенологические исследования на территории заказника «Кургальский» (Ленинградская область)

Lichen studies in the Kurgalsky protected area (Leningrad region)

Чернышова В.А.¹, Степанчикова И.С.^{1,2}, Гимельбрант Д.Е.^{1,2}, Родионова А.А.¹, Кузнецова Е.С.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

nicky3black@gmail.com

Заказник «Кургальский» – одна из самых интересных для изучения лихенобиоты территорий в Ленинградской области. Он лидирует среди существующих ООПТ региона по уровню биологического разнообразия и числу редких и находящихся под угрозой исчезновения видов флоры и фауны. Для Кургальского полуострова и прилегающих островов характерно множество типов местообитаний: приморские черноольховые топи, широколиственные и елово-широколиственные леса на уступах Курголовского плато, старовозрастные и спелые малонарушенные еловые леса, болото Кадер (практически без следов осушения), открытые островные пустоши, дюнные сосновые леса и другие. Такое многообразие биотопов обуславливает высокое видовое разнообразие лишайников, причем охраняемые виды нередко встречаются в массе.

До недавнего времени планомерных исследований лихенобиоты заказника практически не проводилось. В 1907 г. В.П. Савич собрал небольшую коллекцию лишайников на побережье Финского залива в окрестностях деревни Саркюля и оз. Вайкне. Было выявлено 53 вида, преимущественно широко распространенных. Современные исследования лихенобиоты заказника «Кургальский» начались в 2007 г., когда группа специалистов под руководством Л. Андерссона (Leif Andersson) провела комплексное изучение биологически ценных лесов в окрестностях деревень Конново и Липово, а также к северу от деревни Тисколово и урочища Кайболово.

В дальнейшем исследования на данной территории были продолжены лихенологической группой СПбГУ и БИН РАН. За прошедший полевой сезон были закрыты все значимые пробелы на карте заказника: к западу от деревни Большое Куземкино, к западу и югу от озера Липовское, к востоку и югу от озера Белое, а также в окрестностях урочища Кайболово и деревни Курголово. На данный момент для Кургальского заказника известно более 370 видов лишайников, из которых два занесены в Красную книгу Российской Федерации (2025) и 25 – в Красную книгу Ленинградской области (2018); работа по идентификации материала продолжается.

К изучению миксомицетов ботанического сада Самарского университета

Towards the study of myxomycetes of Samara University's botanical garden

Четвергова П.В.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

chetverg709@gmail.com

Несмотря на широкое распространение и интересную роль в экосистемах, миксомицеты – довольно малоизученная группа организмов, особенно на территории парков и ботанических садов в пределах городов. Целью данной работы было выявление видового разнообразия миксомицетов в ботаническом саду Самарского университета, где ранее они не исследовались.

В осенний период 2023 и в апреле 2024 года в ботаническом саду Самарского университета нами было выявлено 14 видов миксомицетов, относящихся к 11 родам, 4 семействам, 4 порядкам, из которых 9 видов были найдены в полевых условиях и 6 видов – во влажных камерах. Наиболее крупные роды – *Trichia* и *Stemonitopsis*. Экологически пластичными, освоившими 2 или 3 типа сообществ, являются *Metatrichia vesparium*, *Lycogala epidendrum* и *Didymium squamulosum*. Наиболее разнообразен видовой состав миксомицетов в остролистнокленовых сообществах (11 видов), менее всего видов обнаружено в березовых и ивовых (по 2 вида соответственно).

Миксомицеты, образующие хрупкие спорофоры, не могут быть обнаружены при рекреационном воздействии на сообщество, поэтому на участке хвойных культур в ботаническом саду мы выявили лишь 3 вида исключительно методом влажных камер. Остролистно-кленовые участки располагаются в основном в малодоступных для посетителей сада местах (овраг), что объясняет повышенное видовое разнообразие, а также наибольшее число полевых сборов (9 видов). Отсутствие образцов миксомицетов

на опаде, собранных в полевых условиях, свидетельствует о существенной рекреационной нагрузке, что препятствует видам, обнаруженным только методом влажных камер, освоить этот субстрат.

Формирование устойчивости у фитопатогенных грибов *Microdochium nivale* к карбендазиму

Formation of resistance in the phytopathogenic fungus *Microdochium nivale* to carbendazim

Шатравина К.А.^{1,2}, Лебедева А.А.^{1,2}, Мурзагулова Г.Ш.¹, Гоголева О.А.¹, Рязанов Е.А.¹, Горшков В.Ю.^{1,2}

¹Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, Казань, Россия;

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

kashatravina@mail.ru

Формирование фунгицид-резистентности у фитопатогенов приводит к снижению эффективности фунгицидов. Проблема фунгицид-резистентности стоит особенно остро в отношении холодоустойчивого фитопатогенного гриба *Microdochium nivale* – возбудителя розовой снежной плесени. Ввиду развития этого заболевания под снегом, список рекомендованных против снежной плесени фунгицидов ограничен, а их использование возможно только в превентивной форме; и это служит дополнительным стимулом для формирования фунгицид-резистентности. В число рекомендованных фунгицидов против *M. nivale* входят фунгициды на основе карбендазима. Поэтому цель работы – оценка распространенности в популяциях *M. nivale* признака устойчивости к карбендазиму и анализ механизмов формирования этого признака.

При анализе распространенности признака устойчивости в двух популяциях *M. nivale*, одна из которых ранее подвергалась обработке фунгицидом, а другая – нет, показано, что в первой популяции количество устойчивых к карбендазиму штаммов достоверно больше, чем чувствительных. Обнаружена однонуклеотидная замена в гене β -тубулина – мишени карбендазима, которая представляет собой генетический маркер карбендазим-устойчивости. Достоверных различий в вирулентности устойчивых и чувствительных к карбендазиму штаммов *M. nivale* не обнаружено. Проводятся работы по адаптации исходно чувствительных штаммов к карбендазиму *in vitro* для оценки физиологических изменений, связанных с формированием устойчивости.

Данные, полученные в ходе исследования, в первую очередь, информация о генетическом маркере устойчивости к карбендазиму, могут быть использованы для прогнозирования эффективности использования фунгицидов на основе этого действующего вещества в определенном агроценозе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 23-16-00086 и госзадания ФИЦ КазНЦ РАН.

Комплексный анализ археологических растительных остатков на примере погребальных кукол могильника Оглахты (Таштыкская культура)

Comprehensive analysis of archaeological plant remains using the example of funerary dolls from the Oglakhty burial ground (Tashtyk culture)

Буракова А.В.

Федеральный исследовательский центр "Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова", Санкт-Петербург, Россия
a.burakova@vir.nw.ru

Археоботаника – направление, которое занимается вопросом изучения растений и их частей, найденных на археологических раскопках. Она использует множество методов по изучению древнего растительного материала. В настоящее время наиболее точным считается метод баркодирования ДНК, зачастую позволяющий определить видовую принадлежность образца. Однако далеко не каждый археологический образец возможно идентифицировать с помощью этого метода. Причин может быть множество: недостаточный объём ископаемого материала, разрушение молекул ДНК, большая степень загрязнения образцов. Поэтому несмотря на популярность молекулярных методов, до сих пор анатомические методы идентификации остаются актуальными. Они позволяют изучить внутреннее строение обнаруженных фрагментов и сравнить их с анатомией современных растений.

Наша работа связана с изучением таштыкской культуры через погребальные обряды. Эта культура существовала более 2000 лет назад на территории Минусинской котловины, и её представители не пользовались ни одним из видов письменности. Поэтому информацию о духовной, социальной и бытовой сферах таштыкцев археологи получают из материальных предметов, сохранившихся, главным образом, в погребениях. Цель работы – определение систематической принадлежности растений, использованных при изготовлении одной из погребальных кукол таштыкской культуры (Минусинская котловина, I–IV вв. н.э.), хранящейся в Государственном Эрмитаже.

Пробы растительного материала были отобраны в трехкратной повторности: из головы, груди и ноги куклы. Кроме макроскопических остатков с помощью портативных пылесосов были взяты две пробы пыльцы. Исследование растительных остатков и пыльцы осуществлено различными методами световой и сканирующей электронной микроскопии, включая палинологический и фитолиитный анализ. Сравнение разных способов пробоподготовки показало, что наиболее эффективным для анатомирования хрупкого археологического растительного материала из куклы является заливка в эпоксидную смолу с мелким шагом проводки.

Обнаружено, что набивка куклы состоит из листьев и стеблей злаков рода *Stipa*, относящихся, согласно результатам статистической обработки, к одному виду. В ходе проведения палинологического анализа обнаружена пыльца восьми таксонов (родов и семейств), сроки цветения которых варьируют от поздней весны до ранней осени. Это позволило предположить, что заготовка набивки для куклы осуществлялась в конце весны, а её изготовление – в начале осени.

Работа выполнена по заказу Государственного Эрмитажа.

Новые данные о юрских растениях из Кызылталского месторождения Тургайского угольного бассейна, Казахстан

New data on Jurassic plants from the Kyzyl-Tal deposit of the Turgay Coal Basin, Kazakhstan

Гунченкова А.Д.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия
agunchenkova@binran.ru

Кызылталское месторождение Тургайского угольного бассейна расположено в пределах Кызылталско-Савинковской депрессии, приуроченной к Восточно-Тургайскому синклинию в Казахстане. В.П. Владимирович (1959) относил флороносные отложения Кызылталского месторождения к среднеюрской кызылталской свите приишимского горизонта убаганской серии. В данной работе приведен список из 26 таксонов ископаемых растений из скважин Кызылталского месторождения, однако не даны их описания и изображения, также не указаны глубины, с которых происходят образцы. В составе этого списка указаны представители споровых (два вида хвощей и 10 видов папоротников) и голосеменных (один цикадофит, три вида гинкговых, пять видов лептострбовых и два вида хвойных). По-видимому, все определения были сделаны только по морфологическим признакам. Мы изучили коллекции ископаемых растительных остатков из этого месторождения,

хранящиеся в филиале Института ботаники и фитоинтродукции в Астане (Казахстан), уделив особое внимание образцам с сохранившимися фитолеймами. К настоящему времени нами исследовано семь образцов из двух скважин, для каждого образца известна глубина залегания. Впервые для изучения листьев из Кызылтальского месторождения был применен эпидермально-кутикулярный метод. На основе выявленных эпидермально-кутикулярных признаков нами определены представители гинкговых (*Ginkgoites* sp.1, *Ginkgoites* sp.2, *Leptotoma asiatica*) и лептострбовых (*Phoenicopsis kazachstanica*), а также листья *Pseudotorellia* sp. (incertae sedis). Наиболее многочисленны фрагменты листьев *Phoenicopsis kazachstanica*, обнаруженные в шести из семи образцах. Ранее этот вид был описан из среднеюрской дубайской свиты Орловского месторождения того же Тургайского бассейна. Листья *L. asiatica* и *Pseudotorellia* sp. встречены только в одном образце. *L. asiatica* была впервые описана из среднеюрской караирименской свиты Горного Мангышлака. Выявленные нами таксоны подтверждают среднеюрский возраст флоры Кызылтальского месторождения.

Систематическое положение примитивных плауновидных из пограничных (D₃-C₁) отложений бассейна р. Караганка на Южном Урале

The systematic position of primitive lycophytes from the boundary (D₃-C₁) sediments of the Karaganka River basin in the Southern Urals

Дронов И.Е.¹, Любарова А.П.², Снигиревский С.М.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
dronov003@gmail.com

Ископаемые растения обнаруживают, как правило, в виде разрозненных частей различной степени сохранности. Это приводит к вынужденному объединению сходных фрагментов в искусственные систематические группы: формальные роды, виды. Установление идентичности таких групп возможно только при обнаружении целого растения, которому также присваивается название рода (вида), максимально близкое к понятию биологического (Снигиревский, Юрина, 2003).

К сожалению, именно декортикация обусловила главные отличия в облике стеблей ископаемых плауновидных, положенные многими исследователями (Lutz, 1933; Jongmans et al., 1937 и др.) в основу систематики представителей рода *Lepidodendropsis* и использовавшиеся для обоснования выделения видов, по существу, сугубо искусственных. Это осложняет установление истинного систематического положения примитивных плауновидных и снижает их практическую значимость.

Объединение тождественных форм примитивных плауновидных было начато Н.С. Снигиревской с установления в Донбассе новой комбинации *Helenia karakubensis* (Schmal.) Snig. (Снигиревская, 1987). В 2021 году в ходе экспедиции в бассейн р. Караганка на Южном Урале С.М. Снигиревским был изучен разрез пограничных (D₃-C₁) отложений и собрана коллекция ископаемых растений, хранящаяся в Палеонтологическом музее СПбГУ (ПМ СПбГУ-106).

При определении представленных в коллекции плауновидных были выявлены противоречия в диагнозах рода *Lepidodendropsis* и его типового вида *L. hirmeri*, тождество растительных остатков рода *Helenia* и некоторых видов рода *Lepidodendropsis*, наконец, неосновательность выделения некоторых видов этого рода (в частности *L. cyclostigmatoides*) и ошибочность их определения другими авторами. Поэтому исследованные остатки были отнесены к *H. karakubensis*. Представляется необходимым пересмотр классификации пограничных позднедевонских-раннекаменноугольных плауновидных и, в первую очередь, отказ от необоснованно выделенного рода *Lepidodendropsis* в пользу его законного старшего синонима – рода *Helenia* с единственным видом *H. karakubensis*.

Особая линия платановых в позднем мелу Северной Азии

A special line of Platanaceae in the Late Cretaceous of Northern Asia

Золина А.А., Головнева Л.Б.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
azolina@binran.ru

В наши дни семейство платановых представлено только одним родом *Platanus* L. Однако, в позднем мелу и кайнозое данное семейство являлось обширной группой, игравшей значительную роль в формировании растительного покрова Северного полушария (Manchester, 1986; Maslova, 2010; Golovneva et al., 2023). Ископаемые листья платановых отличаются значительным морфологическим разнообразием. Среди них можно выделить ряд основных морфотипов: цельные эллиптические, цельные или лопастные широко овальные, сложные листья с одним крупным апикальным и двумя малыми латеральными

листочками, а также сложные листья с близкими по размеру листочками, число которых варьирует от трех до 11.

В позднем мелу Северной Азии эллиптический морфотип представлен описанным из кундурской свиты Амурской области кампанского возраста монотипным родом *Kunduriphyllum* Kodrul et N. Maslova (Kodrul, Maslova, 2017). Его принадлежность к платановым подтверждена с помощью изучения сохранившейся эпидермальной структуры, а также ассоциированными с листьями репродуктивными органами.

Сходные по морфологии листья были описаны из маастрихтских отложений нижней части рарыткинской свиты Корякского нагорья под родовым названием *Dyrana* Golovneva. Позднее было показано, что листья со сходной морфологией уже неоднократно описывались ранее из палеоценовых отложений Гренландии, Шпицбергена, Канады и США (Newberry, 1863; Heer, 1883; Hollick, 1936; Wolfe, 1966). Все они были отнесены к одному виду *Dyrana flexuosa* (Newberry) Golovneva. Недавно листья данного вида также были обнаружены нами в маастрихтских отложениях какангутской свиты Корякского нагорья. Эпидермальная структура листьев *D. flexuosa* на настоящий момент не известна, на основании особенностей вторичного жилкования и строения края предполагается связь рассматриваемого рода с семейством платановых. Роды *Kunduriphyllum* и *Dyrana* могут представлять единую линию ископаемых платановых, существовавшую в конце мела – начале палеогена.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-77-01087.

Новый представитель рода *Picea* A. Dietrich из меловых отложений кийской свиты бассейна р. Кия, Западная Сибирь

A new species of the genus *Picea* A. Dietrich from the Cretaceous Kiya Formation, the Kiya River basin, Western Siberia
Королева М.М.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН Санкт-Петербург, Россия
mkoroleva@binran.ru

Новый вид елей *Picea kemerensis* Golovneva et Koroleva, sp. nov. описан из меловых отложений кийской свиты Западной Сибири. Местонахождение находится на правом берегу р. Кия, около устья р. Серта (Чебулинский район, Кемеровская область). Возраст кийской свиты оценивается как поздний альб (Головнева, Носова, 2012). В кийской свите обнаружены многочисленные ископаемые растения, которые объединены в сертинский флористический комплекс (Головнева, Носова, 2012). В нем преобладают цветковые растения, представленные платановыми (*Sertia kiensis* Golovn., *Sapindopsis* sp. и *Pseudoprotophyllum* sp.), а также родами неопределенного систематического положения (*Liriodendropsis*, *Laurophyllum*, *Araliaephyllum*). Голосеменные растения представлены гинкговыми (*Ginkgo* и *Pseudotorellia*), а также разнообразными хвойными (*Athrotaxopsis* sp., *Sequoia* sp., *Elatocladus* sp.). Остатки сосновых довольно многочисленны и представлены различными шишками, отдельными шишечными чешуями, листьями и семенами, большинство из которых определены только формально до рода (*Pityophyllum* sp., *Pityocladus* sp., *Pityostrobus* sp. и др.).

Материалом для данной работы послужили остатки объемно- сохранившихся семенных шишек в плотных сидеритизированных песчаниках, расколотых в разных плоскостях. Они были собраны сотрудниками Ботанического института РАН в 2015 году и хранятся в БИН РАН (коллекция № 1197). В результате морфологического и анатомического изучения шишек и сохранившихся внутри них семян был описан новый вид – *Picea kemerensis*. До сих пор из меловых отложений был описан только один вид ели с анатомически изученными шишками – *Picea burtonii* Klymiuk et Stockey из валанжина Канады (Klymiuk, Stockey, 2012). В отличие от него шишки из кийской свиты характеризуются более крупными размерами шишек и семенных чешуй, мелкими размерами кроющих чешуй и более крупными размерами семян. Из современных видов новый вид имеет наибольшее сходство с видами *Picea asperata* Mast. и *Picea meyeri* Rehder et E.H.Wilson.

Новая реконструкция *Archaeopteris* на основе уникальной находки из верхнедевонских отложений (р. Сясь, Ленинградская область)

New reconstruction of *Archaeopteris* based on a unique find from Upper Devonian deposits (Syass River, Leningrad Region)

Любарова А.П.¹, Снигиревский С.М.^{1,2}, Глинский В.Н.²

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
lyubarova.anna@gmail.com

Представители группы археоптерисовых растений формировали одни из первых лесных экосистем позднего девона. В отложениях этого возраста остатки археоптерисовых представлены необычайно широко и встречаются во многих регионах мира. Благодаря обилию ископаемого материала эта группа является предметом многочисленных исследований. Но несмотря на это, отдельные аспекты анатомии и морфологии этих растений до сих пор остаются неизвестны, а систематическое положение – спорным.

В 2014 году в окрестностях Санкт-Петербурга у пос. Колчаново был обнаружен хорошо сохранившийся фрагмент древесины *Callixylon* cf. *trifilievii* Zalesky в верхнедевонских отложениях (нижний фран, плявинский горизонт). Образец длиной 187 см был тщательно отпрепарирован и изучен с применением сканирующей электронной микроскопии и 3D-моделирования.

Анализ находки позволил уточнить важные аспекты морфологии *Archaeopteris*. Впервые для данного растения удалось достоверно установить характер расположения многолетних ветвей и их угол отхождения от основного ствола. Сопоставляя полученные данные с предшествующими реконструкциями (Seward, 1931; Beck, 1960; Snigirevskaya, 1984; Daeschler & Cressler III, 2011), авторы предлагают новую модель строения растения. Ключевые особенности новой реконструкции включают: моноподиальный тип ветвления, наличие веточных рубцов вместо сучьев, адаптацию корневой системы к каменистому субстрату, узкую вазоподобную форму кроны. Особую ценность представляет информация о характере ветвления, которая ранее не могла быть надежно установлена на основании имеющегося палеоботанического материала. Находка из Колчаново демонстрирует отличительные адаптационные особенности *Archaeopteris* к конкретным условиям произрастания, что согласуется с данными о вариабельности корневых систем у различных видов археоптерисовых растений (Wilson, 1958; Beck, 1962; Algeo & Scheckler, 1998; Beznosov et al., 2018). Это подчеркивает необходимость учета экологических факторов при реконструкции древних растений.

Реконструкция палеоэкологических условий в Беринговом проливе в позднечетвертичное время по данным диатомового анализа керн донных отложений

Reconstruction of paleoecological conditions in the Bering Strait based on the data of diatom analysis of bottom sediments

Мустафин М.А.^{1,2}, Пушина З.В.³

¹Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия;

³Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И.С. Грамберга, Санкт-Петербург, Россия
mustaphinmark@gmail.com

Диатомовый анализ был проведен для донных отложений керн 21БЕР-14 (65.2884° с.ш., 171.9316° з.д., глубина пробоотбора 26 м, общая мощность 285 см) отобранного из района Берингова пролива. Пробоотбор проводился через каждые 10 см, всего исследовано 29 проб. Лабораторная обработка выполнена по упрощенной методике с использованием перекиси водорода. Препараты изучались на световом микроскопе МИКМЕД-3 при увеличении 1500 раз.

По результатам диатомового анализа было выделено четыре экозоны. Экозона IV (285–155 см) характеризуется доминированием ледово-морского вида *Melosira arctica* Dickie доля которого достигает до 46% от всего диатомового комплекса. Ему сопутствуют морские неритические виды *Thalassiosira gravida* Cleve (до 11%), *Thalassiosira nordenskioldii* Cleve (до 9%), *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschowsky (до 11%), на долю пресноводных видов приходится до 12%. Экозона III (155–85 см) представлена главным образом морскими неритическими таксонами рода *Chaetoceros* (до 27%), а также видами *Thalassiosira gravida* (до 20%) и *Thalassiosira nordenskioldii* (до 17%). Среди доминант экозоны II (85–15 см) выделены морские неритические виды рода *Chaetoceros* (до 35%), виды *Thalassiosira nordenskioldii* (до 27%), *Bacterosira bathyomphala* (Cleve) Syvertsen & Hasle (до 16%), *Thalassiosira gravida* (до 19%). Экозона I (15–0 см) представлена морскими неритическими видами рода *Chaetoceros* (до 21%),

и видами *Thalassiosira nordenskiöldii* (до 34%), *Bacterosira bathyomphala* (до 14%), *Thalassiosira gravida* (до 8%), *Thalassiosira hyalina* (Grunow) Gran (до 8%).

Динамика смены диатомовых комплексов керна 21Бер-14 отражает условия морской трансгрессии. Формирование отложений, представленных в колонке, происходило, вероятно, в голоцене. Самые мелководные и опресненные условия отмечены в экозоне-IV (285-155 см), самые глубоководные и морские в экозоне-I (15–0 см). Установлен переход от прибрежных солоноватоводно-морских условий с длительным периодом ледостава и небольшим влиянием пресных вод к морским неритическим условиям, близким к современным.

Реконструкция палеоклимата с использованием методики картирования современных ареалов растений на примере палеогеновых флор Восточного Казахстана

Paleoclimate reconstruction based on plants modern ranges mapping on the example of Paleogene floras of East Kazakhstan

Нестерова К.А.^{1,2}, Аверьянова А.Л.¹, Попова С.С.¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
knesterova@binran.ru

Зайсанская впадина расположена в восточной части Казахстана и является местом обнаружения большого количества ископаемых видов растений. Целью настоящего исследования является сравнение климатических данных, полученных с использованием подхода Coexistence Approach (CA) (Mosbrugger and Utescher, 1997) для палеофлор раннего (Киин-Кериш) и позднего (Ашутас) олигоцена из данного местонахождения с климатическими параметрами, реконструированными на основе рода *Quercus* L. В соответствии с требованиями метода Coexistence Approach был уточнен список современных морфологически близких видов для обеих флор. Всего установлено семь видов ископаемых дубов: два вида из коллекции 2113 БИН, поздний олигоцен-ранний миоцен с местонахождения г. Ашутас и пять видов из коллекции 4337 БИН, ранний олигоцен с местонахождения г. Киин-Кериш. С использованием GIS методик были составлены карты распространения видов *Quercus* L., необходимые для получения климатических параметров. Полученные результаты сопоставлялись с климатическими параметрами, полученными при реконструкции климатической обстановки из ранее опубликованных материалов (Averyanova et al., 2021) для ранней олигоценовой флоры Киин-Кериш, для позднего же олигоцена климатические параметры для последующего анализа были пересчитаны нами повторно. В результате было показано, что данные, полученные на основе рода *Quercus*, указывают на более холодный климат и имеют несколько более широкий интервал параметров по сравнению с климатическими данными, реконструированными по спискам таксонов обеих флор. В целом, наше исследование показало, что реконструкция климата, выполненная при помощи данных, полученных по доминирующим во флоре древесным представителям даже одного рода, дает довольно точное представление о климате, в котором произрастали изучаемые флоры, однако для более точного результата лучше комбинировать такие исследования со споро-пыльцевым и карпологическим анализом.

Влияние изменения климата и выпадения вулканического пепла на динамику растительности северо-восточной Камчатки в среднем и позднем голоцене

Climate fluctuations and volcanic ash deposition impacts on vegetation development in northeastern Kamchatka during the Middle and the Late Holocene

Пименов В.Е.¹, Певзнер М.М.², Мазей Н.Г.¹, Цыганов А.Н.¹, Мазей Ю.А.¹, Ершова Е.Г.¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

²Геологический институт РАН, Москва, Россия
v-pimenov01@inbox.ru

Изучение динамики растительности и климата прошлого играет ключевую роль в понимании эволюции ландшафтов и экосистем. Особую значимость эти исследования приобретают в геологически активных регионах, таких как полуостров Камчатка, где интенсивная вулканическая и тектоническая активности обусловили формирование уникальных природных систем. Цель исследования — реконструировать динамику растительности и климата северо-восточной Камчатки в среднем и позднем голоцене, установить связь между выпадением пепла и изменениями спорово-пыльцевых спектров, отражающих растительный покров. В качестве объекта исследования было выбрано травяно-кустарничково-осоковое болото в межгорном понижении (56.55259° N, 161.81798° E, 220 м н.у.м.), расположенное в зоне частых, но относительно слабых пеплопадов. Используя методы спорово-

пыльцевого анализа, радиоуглеродного датирования, тефростратиграфии и тефрохронологии, проведена палеоэкологическая реконструкция за период с ~5000 кал. л.н по настоящее время с временным разрешением примерно 100 лет. Полученные результаты свидетельствуют, что выпадение тефры не влияло на скорость вертикального прироста торфа. Основные изменения в составе спорово-пыльцевых спектров были ассоциированы с изменениями климата, предположительно, температурой и увлажненностью, а выделенные фазы соотносились с региональными климатическими событиями позднего голоцена. Увеличение доли пыльцы ольхового стланика (*Alnus fruticosa*) по отношению к пыльце древесных видов берез (преим. *Betula platyphylla*) может выступать как индикатор понижения температур. Появление пыльцы ели и лиственницы 2000 кал. л.н., свидетельствует о распространении хвойных лесов из центральной низменности, что подтверждается результатами картирования местности в начале XX в. Исчезновение пыльцы хвойных деревьев в XX в. связано с интенсивной вырубкой лесов в нижнем течении реки Камчатка.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-14-00065.

СИСТЕМАТИКА И ФИЛОГЕНИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Числа хромосом водных растений из некоторых регионов Верхнего Поволжья

Chromosome numbers of aquatic plants from some regions of the Upper Volga region

Виноградова Ю.С.^{1,2}, Конотоп Н.К.^{1,2}, Бобров А.А.¹¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия;²Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

ylia.vinogradova1997@yandex.ru

На территории Верхнего Поволжья проведено исследование водоёмов и водотоков Ивановской, Ярославской, Костромской и части Вологодской области. Водная флора данного региона изучена достаточно хорошо. Однако некоторые аспекты остаются без должного внимания – например, весьма немногочисленны данные о числах хромосом водных растений. Числа хромосом важны во многих группах для решения вопросов таксономической принадлежности, понимания различий на уровне цитотипов в популяциях широко распространённых видов, а также для изучения эволюционных процессов. С данной территории ранее были известны единичные подсчёты числа хромосом для *Cardamine amara*, *C. dentata* и *Ranunculus kauffmannii*.

Мы проводили подсчёт числа хромосом в меристеме молодых корней растений, собранных в природе, и проростках семян, полученных в лаборатории, на давленных препаратах при рутинной окраске ацетогематоксилином и ацетоорсеином.

В ходе работы были получены числа хромосом для 26 видов и одного гибрида *Ranunculus × absconditus* (*R. circinatus* × *R. kauffmannii*). Всего с территории Верхнего Поволжья на данный момент известны числа хромосом для 28 видов и одного гибрида, относящихся к 16 семействам. Получены данные для редких видов, занесенных в Красные книги, таких как *Isoetes echinospora* и *I. lacustris*. Впервые для России подсчитаны числа хромосом для *Hottonia palustris*. Среди водных растений Верхнего Поволжья доля диплоидов составила 48% (14 видов), а доля полиплоидов – 45% (12 видов и один гибрид), среди последних наиболее распространены тетраплоиды (4х). Разные цитотипы найдены у *Alisma plantago-aquatica* (2х, 4х, 6х, 8х) и *Cardamine amara* (2х, 3х).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (23-14-00115).

Геномный скимминг в изучении систематики некоторых представителей осок и злаков
(порядок Poales)

Genomic skimming in the study of systematics of some representatives of sedges and grasses (Poales)

Домашкина В.В.^{1,2}, Данилов Л.Г.¹, Леострин А.В.^{1,2}, Родионов А.В.^{1,2}, Гусарова Г.Л.¹¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

domvalya@gmail.com

Метод геномного скимминга позволяет получить высококопийные фрагменты ДНК при секвенировании генома с низким покрытием (до 5%), которые можно использовать для штрих-кодирования (баркодинга) ДНК и более широких геномных исследований биоразнообразия, в частности, за счёт сборки и аннотации полных последовательностей хлоропластной ДНК и ядерной рибосомной ДНК. Для этих многокопийных участков генома глубина секвенирования достигает порядка 100 раз. Такой массив геномных данных для растений арктического региона получили норвежские исследователи в рамках проекта PhyloNorway (Alsos et al., 2020).

В нашем исследовании осуществляли сборку последовательностей растений из прочтений, хранящихся в PhyloNorway – представителей из двух семейств: Злаковые (Poaceae) и Осоковые (Cyperaceae), среди них порядка 152 таксонов злаков (включая подвиды и разновидности), в т.ч. роды *Elymus*, *Elytrigia* и *Hordeum*, а также 99 таксонов из рода *Carex*. В задачи работы входило подобрать подход, позволяющий получить набор участков, которые можно использовать при реконструкции филогении. В обеих группах сборка ядерных участков методических затруднений не вызвала. В то же время сборка хлоропластных геномов осок (в отличие от злаков) оказалась относительно сложной задачей ввиду их биологических особенностей: большая длина хлоропластного генома по сравнению со многими цветковыми, высокая скорость перестроек последовательностей, низкое содержание GC и плотность генов, а также повышенное количество повторяющихся последовательностей (Xu et al., 2023), что потребовало нестандартных решений.

Для анализа данных использовали набор биоинформатических инструментов таких как: SPAdes, его модификацию plasmidSPAdes и GetOrganelle, в последствии сравнивали результаты их работы. Наиболее удачным для решения наших задач оказался plasmidSPAdes. Полученные контиги выравнивали на

референсные геномы *Carex* и видов злаков с использованием программы minipar2. Далее отбирали части контигов с помощью утилиты samtools, встречающиеся у всех образцов. Полученные вариативные последовательности использовали для построения филогенетического дерева.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ №24-24-00326.

Геногеография карликовых берез на Урале

Genogeography of dwarf birches in the Urals

Медведева С.О., Черепанова О.Е.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

so.medvedeva@gmail.com

Проведено изучение генетической изменчивости берез секции *Apterocaryon* (*Betula nana* L., *B. humilis* Schrank) на территории Уральских гор, на основе маркеров хлоропластной и ядерной ДНК. Выявлена изменчивость в регионах *trnC-trnD*, *trnH-psbA*, *trnS-trnG*, *trnL-trnF* хлоропластной ДНК, определено 18 хлоротипов, характерных для карликовых берез. Обнаружены как видоспецифичные – D, Y, G (*B. nana*), R, P (*B. humilis*), так и общие хлоротипы – В (превалирующий на Среднем Урале), а также А, С, М, Q, что, вероятно, является следствием процессов интрогрессивной гибридизации. Увеличение индекса генетического разнообразия *B. nana* в направлении от Полярного Урала к Среднему Уралу, а затем его снижение на Южном Урале связано с возрастающей изоляцией и сокращением площади болотных комплексов, на которых произрастает *B. nana*. Наблюдается высокий индекс дифференциации *Fst* между популяциями карликовых берез Среднего Урала, свидетельствующий о сниженном генетическом потоке между популяциями. Низкий индекс межпопуляционной дифференциации *Fst* отмечен в арктической тундре, где березы образуют высокие по численности и большие по площади популяции, размножающиеся преимущественно вегетативно. Анализ нуклеотидных последовательностей региона ITS1-2 ядерной рибосомальной ДНК позволяет проводить генетическую идентификацию *B. nana* и *B. humilis* на территории Уральских гор. Популяции *B. nana* характеризуются большим генетическим разнообразием ($H_e = 0.900$, 8 риботипов), чем *B. humilis* ($H_e = 0.600$, 2 риботипа). Анализ локусов L1.10, L3.1, L2.3, L 5.4. ядерной микросателлитной ДНК показал наличие четырех генетических кластеров, позволивших дифференцировать исследованные виды берез. Внутривидовая генетическая структура *B. nana* отражает миграционные процессы Плиоцена и Плейстоцена и предполагает наличие трех генетических групп (Полярный Урал, Приполярный и Северный Урал, Средний и Южный Урал).

Новые данные по генетическому разнообразию *Heracleum sosnowskyi* и близких видов

New data on the genetic variability of *Heracleum sosnowskyi* and related species

Птицына Е.В.^{1,2}, Дудов С.В.¹, Гладилин А.А.³, Ежова М.А.^{2,4},

Гельтман Д.В.⁵, Пенин А.А.^{2,4}, Логачёва М.Д.^{2,4}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия;

³Общественное движение “СтопБорщевик”, Москва, Россия;

⁴Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия;

⁵Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

elena-pt@yandex.ru

Изучение генетических особенностей борщевиков имеет большое значение для разработки эффективных мер контроля распространения инвазионных видов этого рода. Целью нашего исследования было проанализировать генетическое разнообразие особей *Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*, *H. pubescens* и др. из первичного и вторичного ареалов.

Было изучено 198 образцов от 1836 до 2023 г., включая 14 видов, неопределенные образцы и предполагаемые гибриды. Используя секвенирование всего генома с низким покрытием, мы изучили изменчивость пластома и ядерного оперона рибосомальной РНК. Анализировались данные, полученные тремя способами: 1) картирование с дальнейшим учетом однонуклеотидных замен и 2) многонуклеотидных вариаций, 3) сборка de novo. Для меньшей подгруппы растений с наибольшим покрытием были изучены однокопийные ядерные локусы.

Результаты:

1) Данные об изменчивости ядерного оперона рибосомальной РНК и пластома не позволили провести различие между *H. sosnowskyi*, *H. mantegazzianum* и *H. pubescens*.

2) Благодаря пополнению набора новыми образцами *H. lanatum* получены дополнительные подтверждения события древней интрогрессии пластид между *H. sosnowskyi* и *H. lanatum*. Также

обнаружены внутригеномные полиморфные позиции в двух регионах. При этом ранее подозреваемые на гибридизацию *H. sosnowskyi* × *H. lanatum* образцы не были гетерозиготны по видоразличающим позициям, а все варианты разрешения внутригеномного полиморфизма 28S группировались с соответствующими видами, что свидетельствовало против возможности события гибридизации.

3) Ранее озвученные данные по беспорядочности территориального распределения групп, отсутствию снижению генетического разнообразия во вторичном ареале и преобладающей роли ПАБСИ в истории интродукции были подтверждены на филогенетических деревьях, построенных новыми способами.

Поддержано грантом РНФ 21-74-20145.

Положение представителей ряда *Salsae* Lipsch. в системе рода *Saussurea* DC.

Position of the species of the ser. *Salsae* Lipsch. in the system of the genus *Saussurea* DC.

Пяк Е.А., Юсуповский Д.В.

Томский государственный университет, Томск, Россия

epyak.tom@gmail.com

В 2024 году на основе морфологических и филогенетических данных нами был описан новый таксон – *Saussurea* × *magica*, эндемичный для Чуйской степи, пустынной межгорной впадины на юго-востоке российской части Горного Алтая. Было установлено, что *S. × magica* является спонтанным гибридом между *S. amara* и *S. daurica*, произрастающих в непосредственной близости друг к другу в долине реки Юстыд, однако неясным осталось положение нового таксона в системе рода. Родительские виды принадлежат к секциям *Theodorea* и *Laguranthera*, соответственно, однако, полифилия последней ранее неоднократно была подтверждена результатами молекулярно-филогенетических анализов, особое сомнение при этом вызывало положение видов ряда *Salsae* (к которому как раз и принадлежит один из родительских видов – *S. daurica*). Вышеуказанные проблемы побудили нас провести специальные исследования, целью которых являлось уточнение систематического положения представителей ряда *Salsae*, а также недавно описанной *S. × magica* с применением сравнительно-морфологического анализа и молекулярно-филогенетического анализа с использованием маркеров ITS1-5.8S-ITS2, *rsp16-trnQ*, *ndhF-rpl32* и *ycf4-cemA* 51 вида из *S. subgen. Theodorea* sect. *Theodorea* (16 из 22 видов секции), *S. subgen. Saussurea* sect. *Laguranthera* (21 вид), *S. subgen. Saussurea* (2 вида из *S. sect. Rosulascentes*, 2 вида из *S. sect. Lagurostemon*, 2 вида из *S. sect. Strictae*, 1 вид из *S. sect. Gymnocline*, 3 вида из *S. sect. Saussurea*), *S. subgen. Eriocoryne* sect. *Eriocoryne* (2 вида) и *S. subgen. Amphilaena* sect. *Amphilaena* (2 вида) для реконструкции филогенетических сетей методом Neighbor-net и филогенетических деревьев методами Байеса и максимального правдоподобия.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

Филогения группы багульники на основании ядерных EST маркеров

Phylogeny of *Rhododendron* subsection *Ledum* based on nuclear EST markers

Юнусова Д.Р., Полежаева М.А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

dianaiunusova@mail.ru

Багульники – вечнозеленые кустарнички Северного полушария, относящиеся к роду *Rhododendron* L. подсекции *Ledum* (L.) Kron & Judd. В силу широкой вариабельности морфологических признаков, существуют сложности в определении видов и границ их распространения. В Северной Америке выделяют 2–4 вида (Savile, 1969; Judd and Kron, 2009a, b), а в Евразии – 4–6 видов (Толмачев, 1974; Усенко, 2009).

В работе проведена оценка изменчивости девяти ядерных локусов (EST маркеры) трех видов багульников из Азии – *R. tomentosum* Harmaja, *R. hypoleucum* (Kom.) Harmaja, *R. diversipilosum* (Nakai) Harmaja; одного из Северной Америки – *R. groenlandicum* (Oeder) Kron & Judd) и одного, распространенного на обоих континентах – *R. subarcticum* Harmaja.

Анализ популяционно-генетической структуры с использованием алгоритма Байеса в программе STRUCTURE показал максимальное значение показателя ΔK для K = 4. Образцы *R. groenlandicum* образовали хорошо обособленный кластер K1. Образцы других четырех видов с разной вероятностью были отнесены к одному из трех кластеров. K1 ограничен Северной Америкой; K2 и K3 преобладают в выборках С.-В. Азии, Сибири, Урала и С.-З. России. На юге Дальнего Востока K3 практически отсутствует, а преобладает K4 и в меньшей степени K2. За исключением *R. groenlandicum*, генетическая

структура в большей степени носит географически выраженный характер, а не соответствует видам, описываемым на азиатской части распространения. На филогенетическом дереве, с высокой поддержкой также выделяется клада *R. groenlandicum*. По мутациям во всех девяти локусах образцы *R. groenlandicum* имели небольшие отличия между разными выборками внутри вида и сильные отличия от образцов азиатских видов. Два образца *R. subarcticum* с территории Аляски имели генетические варианты, относящиеся к группе азиатских генотипов. Время дивергенции (BEAST) североамериканской ветви составило около 15.8 млн.л.н. Биогеографический анализ реконструкции вероятности предковых ареалов в программе RASP определил предковый ареал до разделения американских и азиатских образцов как Северную Америку.

**Спонтанная гибридизация между *Saussurea daurica* Adams и *S. amara* (L.) DC.
на территории Южной Сибири**

Spontaneous hybridization between *Saussurea daurica* Adams and *S. amara* (L.) DC. in South Siberia
Юсуповский Д.В.

Томский государственный университет, Томск, Россия
unitycoredown@gmail.com

В 2023–2024 гг. во время экспедиций по Южной Сибири нами был обнаружен ряд предполагаемых гибридных особей в местах совместного произрастания двух видов рода *Saussurea* (*S. amara* и *S. daurica*) в долине р. Юстыд в Чуйской степи, располагающейся на территории Кош-Агачского района Республики Алтай и в окрестностях Соленого озера в Селенгинском районе Республики Бурятия. Для подтверждения их гибридной природы, выделения морфотипов и установления родительских таксонов нами был проведен сравнительно-морфологический анализ с включением комплекса качественных признаков: тип соцветия, форма листочков обертки, цвет паппуса, форма цветоложа, структура и форма листьев. Помимо этого, был проведен молекулярно-филогенетический анализ на основе сравнения нуклеотидных последовательностей участков ITS1-5.8S-ITS2, *rsp16-trnQ*, *ndhF-rpl32* и *ycf4-cemA* 103 особей, принадлежащих не только предполагаемым спонтанным гибридным особям, но и *S. amara*, *S. daurica* (двум предполагаемым родительским видам), а также *S. draconis*, *S. salsa*, *S. alata* и другим морфологически близким видам из секций *Theodorea* и *Laguranthera*. Филогенетические деревья были реконструированы методами Байеса и максимального правдоподобия, а филогенетические сети методом NeighborNet. По результатам проведенных исследований была подтверждена гибридная природа обнаруженных особей, были описаны три морфотипа, для каждого из которых родительскими таксонами были установлены *S. amara* и *S. daurica*, а также было показано наличие сразу нескольких гибридных зон *S. amara* и *S. daurica* в Южной Сибири.

**Влияние погодных условий на сезонную активность камбия сосны обыкновенной
в условиях Южной Карелии**

The influence of weather condition on the seasonal activity of the cambium of Scots pine in the conditions
of South Karelia

Афошин Н.В., Тарелкина Т.В., Серкова А.А., Семёнова Л.И., Качанова Е.В.

Институт леса Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Россия
afoshin@krc.karelia.ru

Камбий является основной вторичной меристемой, играющей важную роль в формировании древесины и коры ствола. Продолжительность периода камбиальной активности и сроки прохождения её основных фаз зависят от климата, однако в течение вегетационного периода погодные условия могут влиять на интенсивность прохождения отдельных фаз. Цель работы заключалась в изучении влияния погодных условий на сезонную активность камбия у деревьев сосны обыкновенной в условиях Южной Карелии.

Работу проводили на территории Петрозаводской лесосеменной плантации I порядка (15 км от г. Петрозаводск, Республика Карелия). Возраст деревьев составлял 45 лет. Образцы отбирали с трех деревьев, формировавших узкие приросты ксилемы (группа I), и трех деревьев, формировавших широкие приросты ксилемы (группа II) в предыдущие пять лет. Отборы тканей проводили с 5 мая по 5 октября 2022 года и с 19 апреля по 11 октября 2023 года, в 7-дневной динамике в апреле, мае и июне и в 10-дневной динамике в июле и августе. В сентябре и октябре образцы были отобраны однократно. Погодные данные были получены для ближайшей метеостанции (WMOID 22820) с сайта <https://rp5.ru>.

У обеих групп деревьев ксилогенез был более чувствительным к изменению погодных условий, чем флоэмогенез. Были выявлены значимые положительные корреляции между средними дневными и ночными температурами воздуха за предшествующие отбору 10 дней и скоростью отложения камбием новых клеток ксилемы. При этом температуры воздуха и почвы оказывали умеренное отрицательное влияние на процессы деления и растяжения клеток ($r = -0,65$ и $r = -0,62$ для групп I и II соответственно). В то же время, наблюдалась сильная положительная связь между температурами воздуха и почвы и процессом формирования вторичной клеточной стенки трахеид ($r = 0,85$ и $r = 0,83$ для групп I и II соответственно).

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН, номер госрегистрации - 121061500082-2.

**Особенности семенного размножения *Cypripedium shanxiense* S.C. Chen. (Orchidaceae)
в культуре *in vitro***

Peculiarities of seed propagation of *Cypripedium shanxiense* S.C. Chen. (Orchidaceae) cultured *in vitro*

Бобошко Е.А.^{1,2}, Андропова Е.В.¹, Веклич Т.Н.^{2,3}, Романова М.А.⁴

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Зейский государственный природный заповедник, Зeya, Россия;

³Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, Благовещенск, Россия;

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

ekaterina-boboshko@mail.ru

Cypripedium shanxiense включен в Красную Книгу РФ (2024), с категорией редкости 2, как исчезающий вид. Это наиболее редкий таксон рода на территории России. Для него не разработаны эффективные технологии размножения и культивирования. Настоящее исследование выполняется в рамках договора между БИН РАН и Зейским заповедником, и оно направлено на выявление особенностей семенного размножения *C. shanxiense* в культуре *in vitro*. Для проращивания семян использовалась методика асимбиотического культивирования *in vitro*. Материалом послужили незрелые семена из плодов *C. shanxiense*, полученных при свободном и искусственном (само- и перекрестном) опылении цветков растений природной популяции. Семена собраны в конце июля 2023 г. Посев проводили с 01.08 по 04.08.2023 г на модифицированные питательные среды Фаста (Fast, 1983, 1988) и Харвейса (Harvais, 1973). Посевы содержали в темноте при температуре +18°C. Всхожесть семян анализировали через три месяца после посева. Этот показатель для семян из разных плодов существенно различался – от 10% до 90%, тогда как достоверных различий всхожести семян из одного и того же плода в зависимости от использованной питательной среды выявлено не было. В дальнейшем отмечен некроз протокормов на разных стадиях их развития и гетерогенность темпов развития сеянцев. Через год после посева некоторые

растения имели длинные корни, а другие находились на стадии протокорма. Особый интерес вызывает отсутствие практически во всех случаях оформленного побега (даже у растений с корнями) и формирование вместо него нескольких глобулярных структур. Однако через 1,5 года после посева семян нельзя однозначно сказать, является ли это аномалией развития, или это особенность морфогенеза побега у проростков данного вида. Дальнейшее исследование позволит ответить на этот вопрос.

Солевыведение у галофитов рода *Disakisperma* Steud. (Chloridoideae, Poaceae)

Salt secretion in *Disakisperma* Steud. halophytic species (Chloridoideae, Poaceae)

Борисенко Т.А.^{1,2}, Котеева Н.К.¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

tborisenko@binran.ru

Галофиты – растения, способные жить и завершать жизненный цикл в условиях засоления. Одним из механизмов солеустойчивости является выделение излишков соли из тканей растения через специализированные структуры – солевые желёзки. Для злаков характерны двуклеточные солевые желёзки, при этом солевыведение обнаружено у ограниченного числа видов. В связи с этим основными задачами данной работы было изучение солеустойчивости трёх представителей рода *Disakisperma*: *D. dubium* (Kunth) P.M.Peterson & N.Snow, *D. obtusiflorum* (Kunth) P.M.Peterson & N.Snow, *D. yemenicum* (Schweinf.) P.M.Peterson & N.Snow. Солеустойчивость тестировали на основании ростовых показателей и интенсивности фотосинтеза в условиях полива водой, 200 mM и 400 mM растворами NaCl. Солевыведение изучалось с использованием микроскопических методов.

Показано, что три изученных вида – галофиты, основным механизмом солеустойчивости которых является выделение соли через двуклеточные солевые желёзки. Желёзки расположены вдоль жилок на обеих сторонах листа. Согласно анализу ультраструктуры, особенностью базальной клетки является наличие ретикулярных цистерн, проходящих вдоль всей клетки и сливающихся с плазмалеммой в апикальной части. Эти ретикулярные мембраны называются разделительными. В апикальной клетке подобных мембран нет, но в цитоплазме обнаруживаются многочисленные секреторные пузырьки. На дистальной части апикальной клетки образуется субкутикулярная полость. На настоящий момент нет единого мнения о клеточных механизмах выведения соли. Считается, что основная задача разделительных мембран базальной клетки состоит в сборе токсичных ионов из цитоплазмы путем энергозависимого трансмембранного переноса и их выведении в апикальную клетку, из которой происходит окончательная экскреция соли. Однако слияние разделительных мембран с плазмалеммой в апикальной части базальной клетки свидетельствует о транспорте раствора ионов непосредственно в апопласт. В апикальную клетку ионы могут попадать через плазмодесмы. Предлагается модель солевыведения, в которой основную роль играет базальная клетка.

Морфология пыльцы некоторых медоносных и пергааносных растений семейства Астровых Северо-Запада России

Pollen morphology of some Asteraceae melliferous plants from Northwestern Russia

Брага М.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

mbraga@binran.ru

Материалом для исследования послужила пыльца 23 видов дикорастущих и интродуцированных видов растений из 21 рода семейства *Asteraceae*, произрастающих на территории Ленинградской, Новгородской и Псковской областей России. Пыльцевой материал взят с гербарных образцов, собранных в мае–июне 2021–2023 гг. Для изучения были выбраны виды, широко распространенные и наиболее доступные для пчел в этом регионе: *Achillea millefolium* L., *Anthemis tinctoria* L., *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Bellis perennis* L., *Centaurea jacea* L., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Erigeron acris* L., *Helianthus tuberosus* L., *Hieracium murorum* L., *H. umbellatum* L., *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt., *Matricaria recutita* L., *Mulgedium sibiricum* (L.) Less., *Pyrethrum corymbosum* (L.) Scop., *Senecio vulgaris* L., *Scorzonoides autumnalis* (L.) Moench, *Solidago canadensis* L., *S. virgaurea* L., *Taraxacum officinale* Wigg.s.l., *Tanacetum vulgare* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Tussilago farfara* L.

Морфологию пыльцы изучали с помощью светового (СМ), сканирующего электронного (СЭМ) и конфокального лазерного сканирующего (КЛСМ) микроскопов. Для светооптического исследования применяли классический ацетолизный метод Эрдмана. Детали строения поверхности пыльцевых зерен

уточняли на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6390 в центре коллективного пользования Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН.

В результате исследования установлено, что пыльцевые зерна изученных видов семейства Астровых эллипсоидные и сфероидальные, изополярные, 3-бороздно-поровые; от 14,2 до 51,3 мкм, с тонкой экиной (от 0,8 до 1,8 мкм). Скульптура поверхности пыльцевых зерен чаще струйчатая, встречается шиповатая, бородавчатая и гладкая. Сравнительный морфологический анализ пыльцы изученных видов показал, что в целом основные палиноморфологические признаки достаточно стабильны. Составлен ключ для определения пыльцы. Полученные данные позволят упростить производителям меда ботаническое определение пыльцы представителей семейства *Asteraceae* в тестируемых образцах меда.

Изменчивость числа рядов сосудов ранней древесины дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) под влиянием внешних факторов

Variability of earlywood vessel row number of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and common ash (*Fraxinus excelsior* L.) in response to external factors

Вакалюк Л.А.¹, Нилова М.В.², Хасанов Б.Ф.¹

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия;

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

l.vakaliuk@yandex.ru

Экстремальные события, такие как заморозки, наводнения, засухи и др., могут приводить к изменению строения годичных колец деревьев, подвергшихся данному воздействию. Одним из признаков годичных колец, формирующихся у деревьев с кольцесосудистым типом древесины под воздействием весенних паводков, является увеличение ширины ранней древесины за счет увеличения числа рядов сосудов. Однако, данный признак встречается не только у пойменных деревьев, но и у тех, которые произрастают на возвышенных участках и не могут подвергаться затоплению.

Для двух видов деревьев с кольцесосудистым типом древесины – дуба черешчатого и ясеня обыкновенного – была проведена проверка предположения, что увеличение числа рядов сосудов ранней древесины может быть вызвано не только паводками, но и нарушениями целостности лесного полога. Для исключения влияния наводнений были использованы деревья, произрастающие на водоразделе. История нарушений была реконструирована методом относительного изменения прироста и сопоставлена с информацией из архивных документов, было выявлено девять эпизодов нарушений.

После семи нарушений целостности полога отмечалось значимое увеличение доли годичных колец дуба с увеличенным числом рядов сосудов. Отсутствие данного явления у ясеней до 1950-х годов может быть связано с тем, что деревья этого вида имели относительно низкую скорость прироста и, вероятно, находились не в верхнем ярусе леса. Отсутствие увеличения числа рядов сосудов, наблюдаемое в двух случаях одновременно и у дубов, и у ясеней, может быть связано с ложными выявлениями эпизодов нарушений. Таким образом, увеличение числа рядов сосудов может быть ассоциировано с нарушениями целостности лесного полога, однако подвержено влиянию и иных факторов, например, положения деревьев относительно полога леса.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 25-24-00378.

Влияние галлообразующих клещей на структуру листа *Alnus glutinosa* L.

The influence of gall-inducing mites on the *Alnus glutinosa* L. leaf structure

Валиева А.К.

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

a.k.valieva@utmn.ru

Галлы – аномальные разрастания тканей листа, возникающие в результате воздействия на растение организма-галлообразователя. Галловый клещ *Eriophyes inangulis* Nalepa вызывает формирование галлов, расположенных вдоль центральной жилки на листьях ольхи черной (*Alnus glutinosa*). Формирование листовых галлов происходит в результате изменения программы роста клеток листа, однако воздействие галлообразования на структуру листа, особенно на количественные параметры основной ткани листа – фотосинтетической паренхимы – изучено недостаточно. Мы исследовали мезоструктуру листьев ольхи черной в окрестностях г. Тюмени. На поперечных срезах измеряли толщину листа, мезофилла, верхнего и нижнего эпидермиса, измеряли удельную поверхностную (УППЛ) и объемную плотность листа (ОПЛ), определяли число и размеры клеток палисадного и губчатого мезофилла. Заражение галловыми клещами приводило к изменениям структуры листа: у ольхи с галлами увеличивалась толщина листа без изменения

УППЛ, в результате чего уменьшалась ОПЛ. При этом возрастала как толщина мезофилла, так и эпидермиса, но не происходило изменения их объемного отношения в листе, которое составляло 76% для мезофилла (вместе с межклетниками) и 27% для эпидермальных тканей. Данные изменения морфологических параметров листа сопровождалось изменением показателей мезофилла. У листьев, зараженных галловыми клещами, на 20% снижалось число клеток палисадного и губчатого мезофилла, при этом на 14% увеличивался объем клетки губчатой паренхимы. В результате у зараженных листьев снижалась общая поверхность мезофилла и уменьшалось поверхностно-объемное отношение клеток мезофилла, что негативно влияет на скорость диффузии CO₂ внутри листа. Таким образом, формирование галлов оказывало влияние на морфологическую структуру листа и мезофилла, что важно для поддержания водного и углеродного баланса листьев.

Работа выполнена при поддержке государственного задания Тюменского государственного университета, проект FEWZ-2024-0007.

Гомология булавовидных органов в роде *Balanophora* J.R.Forst. & G.Forst.

Homology of club-shaped organs in genus *Balanophora* J.R.Forst. & G.Forst.

Завьялов А.Е.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

alexzavyalov0@gmail.com

Род *Balanophora* представлен паразитическими растениями со своеобразной морфологией. Цветки баланофор всегда раздельнополые. Соцветия также раздельнополые, но встречаются виды с обоеполюми соцветиями. Многочисленные редуцированные женские цветки без видимого порядка покрывают поверхность оси соцветия. Между ними располагаются выросты с расширенной верхушкой, получившие название «булавовидные органы». Цветки могут частично прирастать к их основаниям. Существует две основные интерпретации этих структур: как боковых веточек соцветия и как брактеей.

Мы проследили развитие брактеей (в мужских соцветиях) и булавовидных органов (в женских) у *Balanophora latiseppala* (Tiegh.) Lecomte и *B. laxiflora* Hemsl., а также аппендикулярных органов в обоеполюх соцветиях *B. subcupularis* P.C.Tam. Брактеей в мужских соцветиях изученных видов закладываются акропетально, каждая цельным примордием, впоследствии обычно формируются две лопасти, изредка встречаются брактеей с большим числом лопастей. Также были отмечены случаи заложения брактеей двумя отдельными примордиями. Булавовидные органы в женских соцветиях закладываются акропетально. Изредка встречаются более крупные булавовидные органы с овальной или раздвоенной верхушкой.

В обоеполюх соцветиях *B. subcupularis* в проксимальной части находятся мужские цветки в пазухах брактеей. У самых нижних цветков брактеей обычно цельные, сложной изогнутой формы, у верхних цветков они лопастные. Выше мужских цветков располагаются структуры промежуточной морфологии. В их пазухах нет цветков, но прослеживается градиент по форме и размерам между булавовидными органами и лопастями брактеей. Мы предлагаем новую интерпретацию гомологии булавовидных органов как структур, возникающих путем расщепления брактеей на неопределенное число фрагментов.

Работа поддержана грантом РФФИ № 25-24-00119.

Практические аспекты разработки атласа пыльцевых зерен растений, произрастающих на территории Республики Беларусь

Practical aspects of developing a pollen atlas for plants growing on the territory of Belarus

Занько Ю.С.

Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь,

Минск, Республика Беларусь

z_julia_s@mail.ru

В настоящее время палинология широко используется не только в геологии, геоботанике, палеогеографии и других направлениях, но и становится все более востребованной в криминалистике. Достоверность результатов исследований, предоставляемых палинологами, работающими в различных направлениях, во многом зависит от точности идентификации исследуемых пыльцевых зерен. В свою очередь описание морфологии пыльцевых зерен различных регионов, а также доступ к их изображениям нередко бывают ограничены. Необходимые для идентификации сведения рассредоточены в большом количестве источников, многие из которых являются устаревшими.

Природа Республики Беларусь отличается высоким видовым богатством растений, однако морфология пыльцы современных таксонов все еще недостаточно изучена и структурирована, что накладывает определенные ограничения на точность идентификации и классификации пыльцевых зерен.

Первым этапом создания атласа был сбор пыльцевого материала, который проходил в рамках полевых исследований непосредственно в период цветения растений (апрель–август). В результате было отобрано более 350 образцов пыльцы различных жизненных форм растений, представленных 55 семействами. Из отобранных образцов была изготовлена коллекция постоянных глицерин-желатиновых препаратов, окрашенных фуксином. С использованием светового микроскопа Nikon eclipse Ci-S с камерой DeltaPix Invenio 5DII получено более 2000 фотографий пыльцевых зерен (увеличение 200х, 400х) как в экваториальном, так и полярном положении; описаны морфологические особенности с указанием единицы рассеивания, размеров (мкм), формы, типа скульптуры и апертур.

Атлас пыльцевых зерен растений, произрастающих на территории Республики Беларусь, не только дополнит базу уже существующих справочных материалов, но и расширит региональное и видовое описание пыльцы современных таксонов, что в том числе позволит повысить точность таксономической идентификации.

Сравнительная карпология представителей подсемейств *Disanthoideae* Harms и *Exbucklandioideae* H.T.Chang (*Hamamelidaceae*)

Comparative carpology of representatives of the subfamilies *Disanthoideae* Harms and *Exbucklandioideae* H.T.Chang (*Hamamelidaceae*)

Здравчев Н.С., Бобров А.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

zdravchevnikita@yandex.ru

В связи с пересмотром концепции о филогенетических связях *Hamamelidaceae*, проблема определения апоморфий и плезиоморфий в семействе является очень актуальной – в частности, установление особенностей строения и гистогенеза женских репродуктивных структур. Нами впервые детально изучены морфология и анатомия плодов представителей шести видов из всех трех родов подсемейств *Disanthoideae* и *Exbucklandioideae*. На основании особенностей развития и строения перикарпия/стенки плода изученных видов *Hamamelidaceae* выявлены два морфогенетических типа коробочек: коробочка *Hamamelis*-типа, характеризующаяся наличием непрерывной склеренхимной зоны во внутренней зоне мезокарпия и в эндокарпии (*Exbucklandioideae*), и впервые установленная для покрытосеменных коробочка *Disanthus*-типа, характеризующаяся наличием двух непрерывных склеренхимных зон: первой – в экзокарпии, и второй – во внутренней зоне мезокарпия и в эндокарпии (*Disanthoideae*). Был реконструирован морфогенез плодов внутри семейства *Hamamelidaceae* и показано, что коробочка *Hamamelis*-типа является производным коробочки *Disanthus*-типа, а процесс эволюционных преобразований перикарпия шел по пути редукции склеренхимных зон. Установлены важнейшие карпологические апоморфии и плезиоморфии: сросшиеся в булавовидные соплодия плоды *Rhodoleia* Champ. ex Hook. и *Exbucklandia* R.W.Br. являются синапоморфией представителей подсемейства *Exbucklandioideae*, а наличие в локуле более одного семени у *Disanthoideae* и *Exbucklandioideae* – плезиоморфией этих подсемейств.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-00141, <https://rscf.ru/project/25-24-00141/>.

Особенности строения семян и их элементный состав у видов сем. *Rosaceae*

Structural features of seeds and their elemental composition in the species of *Rosaceae*

Калабухова А.В., Яндовка Л.Ф.

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

yandovkatgu@mail.ru

Изучение строения и элементного состава семян важно для систематики растений. Представители *Rosaceae* сильно различаются по строению семян и структуре семенной кожуры (Сравнительная анатомия семян, 1996). Для развития семени необходимы как минимум 17 химических элементов (Watanabe et al., 2015). По концентрации отдельных элементов, например, Са и Mg, различаются представители разных таксонов цветковых (Bowen et al., 2004; Shtangeeva et al., 2009). Исследования элементного состава семян немногочисленные, детально проводились на растениях сем. *Apiaceae* (Зеленков и др., 2022). В связи с этим проведен сравнительный анализ структуры семян, семенной кожуры и элементного состава семян у видов *Rosaceae*. Объекты – растения подсем. *Rosoideae* (Juss.) Arn. (шесть видов) и *Spiraeoideae* C.Agardh.

(14 видов). Семена изучали на сканирующем электронном микроскопе Zeiss EVO-40 в Центре коллективного пользования «Атомно-силовой и электронной микроскопии» РГПУ им. А.И. Герцена. Выявлены видоспецифичные особенности зародыша, клеток слоев семенной кожуры и эндосперма в семени у разных видов. Для определения элементного состава семян использовали электронно-зондовый рентгено-спектральный микроанализ. Определяли весовой процент элементов, более тяжелых, чем Be. Установлено, что у всех изученных видов Rosoideae в большем количестве присутствуют макроэлементы: С (весовой % 7.6–17.5), О (3.96–16.49), К (0.10–1.36), Са (0.06–10.34). У видов Spiraeoideae в максимуме О (1.84–13.23), Са (0.10–2.67), К (0.09–0.67), углерод в максимальных значениях лишь у 11 из 14 обследованных видов. Концентрация остальных макроэлементов в пределах подсемейств также варьирует. Некоторые химические элементы в макродозах, доступных для анализа, присутствуют лишь у одного какого-либо подсемейства, что обусловлено индивидуальной генетической структурой видов. Таким образом, особенности элементного состава семян, структур семени и семенной кожуры могут стать дополнительными признаками в спорных ситуациях при определении видов.

Развитие семязачатка и зародышевого мешка у *Gagea minima* (L.) Ker Gawl. (Liliaceae)

Ovule and embryo sac development in *Gagea minima* (L.) Ker Gawl. (Liliaceae)

Козлов Н.В., Виноградова Г.Ю.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

bionkbio@gmail.com

Виды рода *Gagea* Salisb., представляют интерес для эмбриологов наличием тетраспорического способа формирования женского гаметофита, являющимся примером онтогенетического ускорения развития. Отмечается вариабельность развития зародышевых мешков у разных видов: *Fritillaria*-, *Chrysanthemum*- и *Endymion*-типы. Цель настоящей работы – выявление закономерностей развития семязачатка и определение типа зародышевого мешка у *Gagea minima*.

Семязачаток – анатропный, битегмальный, медионуцелатный. Фуникулус короткий, obturator плацентарный. Оба интегумента – двухслойные, внутренний интегумент в апикальной части состоит из крупных, вакуолизированных клеток; формирует микропиле (эндостом). Нуцеллус в апикальной части представлен эпидермой, в латеральной – 1–2 слоями клеток, в базальной части формируется постаментоподиум, состоящий из крупных клеток с плотной цитоплазмой, вероятно, выполняющих транзиторную функцию. Мегаспороцит закладывается в субэпидермальном слое верхней части нуцеллуса, имеет вытянутую форму, его ядро смещено к апикальному концу. Перед первым делением ядро смещается в центральную часть мегаспороцита; образующиеся дочерние ядра расходятся к противоположным полюсам. Второе деление приводит к образованию четырех ядер, которые изначально расположены вдоль продольной оси мегаспороцита. В процессе дальнейшего роста ценоцита конфигурация расположения ядер становится 1+3 (одно ядро на микропилярном полюсе и три – на халазальном). Между полярными группами ядер формируется вакуоль. В результате первого митоза на халазальном полюсе, вероятно, происходит объединение трех ядер и их деление с образованием двух (эффект Карано-Бамбачиони), на микропилярном полюсе идет нормальный митоз. Второй митоз сопровождается клеткообразованием и формированием на микропилярном полюсе зародышевого мешка яйцевого аппарата из яйцеклетки и двух синергид, на халазальном – 2–3 антипод и центральной клетки с двумя полярными ядрами. Проведенное исследование подтверждает *Fritillaria*-тип развития зародышевого мешка у *G. minima*.

Процессы расселения африканских представителей семейства Proteaceae Juss. в связи с морфологией и анатомией диаспор

Dispersion processes of African representatives of Proteaceae Juss. family in connection
with morphology and anatomy of diaspores

Купцов К.В.

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

kirkkk88@bk.ru

Южноафриканские представители семейства Proteaceae достигли наибольшего видового разнообразия в регионах с выраженным влажным и сухим сезонами, где естественные пожары играют важную роль в возобновлении растительных сообществ. В связи с этим, проблема изучения процессов диссеминации растений, произрастающих в подобных условиях, является актуальной. На основе оригинальных данных изучения морфологии и анатомии диаспор 10 видов выявлено пять морфогенетических типов плода: ягода *Schisandra*-типа у *Brabejum stellatifolium* L.; костянка *Laurus*-типа у *Faurea rochetiana* (A.Rich.) Chiov. ex Pic.Serm.; орешек *Rosa*-типа у изученных видов *Protea* L.

(*P. dracomontana* Beard, *P. laurifolia* Thunb., *P. repens* (L.) L., *P. roupelliae* Meisn., *P. scolymocephala* (L.) Reichard и *P. welwitschii* Engl.); орешек *Nelumbo*-типа у *Spatalla parilis* Knight; орешек особого типа у *Leucadendron argenteum* R.Br. – одревесневают только обкладка проводящих пучков, твердость диаспоры достигается за счет мощной тесты. По морфолого-анатомическим особенностям диаспор изученных видов были выявлены возможные пути их распространения. Изученные диаспоры не имеют морфолого-анатомических адаптаций к эндозоохории млекопитающими и птицами, но накапливают липиды и другие запасающие вещества, из-за чего синзоохорное распространение животными теоретически возможно. Плоды *Brabejum stellatifolium*, вероятно, могут распространяться гидрохорно и эндозоохорно. Диаспоры *Faurea rochetiana* и *Leucadendron argenteum* распространяются при помощи ветра. Диаспоры изученных видов *Protea* могут распространяться анемохорно и синзоохорно птицами семейства Promeropidae, которые используют элементы соплодия в качестве гнездового материала. Диаспоры *Spatalla parilis* распространяются мирмекохорно за счет сохраняющейся при плоде плодоножки, содержащей большое количество липидов.

Строение коры и древесины *Rauvolfia afra* Sond. и *R. serpentina* (L.) Benth. ex Kurz

Bark and wood anatomy *Rauvolfia afra* Sond. and *R. serpentina* (L.) Benth. ex Kurz

Липейко Е.А.¹, Котина Е.Л.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия
egorlipeyko777@gmail.com

Род *Rauvolfia* L. (Aporocynaceae), представлен в основном деревьями и кустарниками, насчитывает около 70 видов, распространенных в тропических регионах планеты. Представители рода *Rauvolfia* применяются как в народной, так и в официальной медицине; содержат индольные алкалоиды (резерпин, серпентин, аймалин и др.). Наиболее используемые в лекарственных целях – *R. afra* и *R. serpentina*. Основой лекарственного сырья является кора ствола и корней этих растений. Данные по анатомическому строению представителей рода фрагментарны. Нашей задачей было исследовать анатомическое строение коры и древесины надземных частей *R. afra* и *R. serpentina*. В молодых побегах, коре и сердцевине *R. afra* присутствуют млечники и секреторные клетки. У *R. serpentina* мы обнаружили только секреторные клетки и обилие крахмала. Интересной особенностью молодых побегов обоих исследованных видов является наличие внутренней флоэмы, расположенной под ксилемой в сердцевине. У *R. afra* непроводящие части вторичной флоэмы имеют характерный рисунок (на поперечном срезе) из чередующихся слоев паренхимы (шириной 8–16 клеток) и склеренхимы (шириной 4–8 клеток). Кроме того, клетки склеренхимы обильны в лучах этого вида. У *R. serpentina* склеренхимы во вторичной флоэме не обнаружено. Призматические кристаллы присутствуют у обоих видов во всех частях коры. Однако, у *R. afra* встречаемость кристаллов гораздо меньше. Первичная перидерма сохраняется длительное время и впоследствии сменяется многослойным ритидомом, данная особенность характерна для обоих видов. Клетки перидермы тонкостенные. Древесина рассеяннo-сосудистая, годичные кольца отсутствуют. Тип и локализация секреторных структур представляют наибольший интерес у представителей этого рода и семейства в целом. Подробные анатомические описания коры и древесины *R. afra* и *R. serpentina* важны для понимания структурного разнообразия этих тканей, а также важны для идентификации растительного сырья.

Сравнительная карпология *Chelyocarpus dianeurus* (Burret) H. E. Moore и *Chelyocarpus ulei* Dammer (Arecaceae–Coryphoideae)

Comparative carpology of *Chelyocarpus dianeurus* (Burret) H. E. Moore and *Chelyocarpus ulei* Dammer (Arecaceae–Coryphoideae)

Михайлова А.А.¹, Романов М.С.¹, Бобров А.В.²

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия;

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
ana.mikhaylova@list.ru

Плоды представителей Arecaceae, одного из крупнейших семейств цветковых растений, очень разнообразны, среди них выделяют особую группу плодов, у которых формируются пробковые выросты ('corky-warted fruits'). Такие плоды встречаются в трех из пяти подсемейств пальм: Coryphoideae (*Johannesteijsmannia* H. E. Moore, *Licuala* Wurm, *Pholidocarpus* Blume, *Chelyocarpus* Dammer), Ceroxyloideae (Phytelepheae), Arecaceae (*Manicaria* Gaertn., *Pelagodoxa* Becc., *Sommieria* Becc.,

Lemurophoenix J. Dransf.), при этом большинство перечисленных таксонов формируют исключительно плоды с пробковыми выростами (искл. *Licuala*, *Chelyocarpus*). Поэтому наибольший интерес для сравнительно-карпологических исследований представляет ранее неизученный род *Chelyocarpus*, у представителей которого формируются плоды с трещиноватой или гладкой поверхностью. С целью выявления особенностей строения перикарпия и определения морфогенетического типа плодов *Chelyocarpus*, нами были изучены гладкие плоды *C. dianeurus* и трещиноватые плоды *C. ulei*. Было выявлено, что плоды изученных видов *Chelyocarpus* относятся к ягодам Nuphar-типа и характеризуются простой гистологической дифференциацией перикарпия и наличием пояса склереид на периферии мезокарпия. У *C. ulei* трещиноватость поверхности плодов образуется в результате разрыва экзокарпия и склерифицированных периферических слоев мезокарпия и продолжающегося деления клеток мезокарпия. Структура этих выростов сходна с таковыми у *Licuala* и *Pholidocarpus* (Trachysagreae), для которых, однако, характерен другой тип плода – костянка Rhipis-типа. Полученные данные указывают на независимое происхождение плодов с выростами в разных кладах Coryphoideae и являются примером параллельной эволюции.

Развитие проростков *Pinguicula alpina* L. (Lentibulariaceae)

Seedling development in *Pinguicula alpina* L. (Lentibulariaceae)

Николаева Л.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

pushkareva-lubov@mail.ru

Pinguicula alpina – редкий вид для Северо-Запада России, для сохранения которого необходимо изучение различных аспектов биологии его развития, в частности, биологии прорастания. Морфологию проростка в естественных условиях изучали Heide (1912), Svensson с соавт. (1993), и др., однако тип покоя семян и структурно-функциональные особенности прорастания неизвестны, их выявление и явилось целью настоящей работы.

Выполненные семена (по 100 шт. в каждом опыте, сбор в июле 2021 г., пгт. Ревда, Мурманская обл.) проращивали в чашках Петри при четырех температурных режимах: 18–20°C (1 мес.) и после холодной стратификации (0–3°C, 1, 2, 3 мес.), с выносом в тепло и на свет. Развитие проростков отслеживали в течение 1 мес. с использованием стереомикроскопа и методов СМ и СЭМ.

Установлено, что после выдерживания семян в тепле и 1–2 мес. на холоде процент их прорастания был низким (15.0 ± 1.7 , 1.0 ± 0.9 и $11.0 \pm 1.7\%$ соответственно), однако после 3 мес. холодной стратификации отмечалось его достоверное существенное повышение ($77.0 \pm 5.7\%$), согласно критерию Фишера ($F=91.6$, $p=0.00$), что указывает на гетерогенность семян *P. alpina* по покою. Большею их части (~70%) свойственно наличие глубокого физиологического покоя, обусловленного ФМТ прорастания и светочувствительностью (по классификации Николаевой с соавт., 1985), у незначительной части отмечается неглубокий покой или его отсутствие (~ по 15%).

Особенностями прорастания (надземного типа) является вскрывание семени посредством оперкула, развитие на гипокотиле всасывающих волосков, системы адвентивных корней, быстрое формирование на поверхности единственной семядоли устьиц, гидатод, улавливающих и пищеварительных железок, что вероятно способствует быстрому становлению ее улавливающей и пищеварительной функций, как ранней адаптации к плотоядному образу жизни.

Применение свёрточных нейронных сетей для идентификации пыльцевых зёрен: результаты и ограничения

Application of convolution neural networks for pollen grain identification: results and limitations

Попкова Н.Б.

Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь

knb1998@list.ru

Таксономическая идентификация пыльцевых зёрен – ключевой этап исследований в палинологии, основанный на визуальном анализе признаков и сравнении с эталонными образцами. Однако высокое морфологическое сходство пыльцы, особенно у близкородственных видов, усложняет процесс идентификации. Этот фактор обуславливает трудоёмкость и длительность анализа, требующего высокого уровня экспертной подготовки.

Одним из подходов к автоматизации процесса идентификации является использование методов машинного обучения, в частности свёрточных нейронных сетей (CNN). В рамках данного исследования

была проведена серия экспериментов по обучению CNN на выборке изображений пыльцевых зёрен близкородственных видов, с морфологически схожими признаками (*Matricaria chamomilla* L., *Anthemis arvensis* L., *Tanacetum coccineum* (Willd.) Grierson).

Результаты показали, что на тестовой подвыборке с эталонных микропрепаратов точность идентификации достигла 94%. Однако при проверке на препаратах, содержащих пыльцу, изъятую с поверхности объектов исследования (в том числе с посторонними включениями в поле зрения), точность классификации снизилась до 73%. Выявленные ограничения продемонстрировали зависимость эффективности модели от качества и типологии данных, использованных для её обучения. Модель, обученная на изображениях свежих пыльцевых зёрен в чистых препаратах, демонстрирует высокую точность лишь при обработке аналогичных образцов. В остальных случаях её точность существенно снижается. Для повышения точности нейросети необходимо усовершенствовать методы пробоподготовки, минимизируя посторонние включения и унифицируя характеристики препаратов, а также обучать модель на репрезентативных наборах данных, отражающих условия реальной практики, включая различную степень сохранности пыльцы. Полученные результаты подчёркивают перспективность использования методов машинного обучения в палинологии, однако требуют дальнейшего развития подходов к созданию обучающих выборок и улучшению методик пробоподготовки.

Пространственная организация клеток обкладки пучка C₄ злаков с НАД-МЭ биохимическим подтипом по данным объёмной электронной микроскопии

Spatial organization of bundle sheath cells in C₄ grasses on the basis of volume electron microscopy

Рузаков В.А.¹, Котеева Н.К.², Иванова А.Н.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

st118939@student.spbu.ru

Основной чертой растений с C₄ типом фотосинтеза является особое строение листа с двумя специализированными слоями клеток хлоренхимы, крупных округлых клеток обкладки и радиально расположенных палисадных клеток мезофилла, которые в классическом случае окружают проводящие пучки, образуя так называемую Кранц-анатомию. Растения с C₄ фотосинтезом по основному декарбоксилирующему ферменту в клетках обкладки разделяются на три группы: НАД-МЭ, НАДФ-МЭ и ФЕП-КК. Каждому биохимическому подтипу присуще соответствующее строение и положение органелл в клетках мезофилла и обкладки. Классификации анатомических типов основаны на изучении поперечных срезов, однако понимание пространственной ориентации хлоропластов и их гран, а также положение митохондрий и пероксисом по отношению к ним, может решить многие вопросы, связанные с эффективностью диффузии, концентрации и фиксации CO₂ в C₄ системе. Это определяет необходимость создания трехмерных реконструкций фрагментов листьев видов разных анатомических подтипов с C₄ фотосинтезом на ультраструктурном уровне.

Анализ пространственного положения и формы органелл клеток обкладки с помощью серийного блочного сканирования выявил новые, ранее не изученные детали их строения. У видов с НАД-МЭ декарбоксилазой хлоропласты расположены строго перпендикулярно к оси пучка в центрипетальной позиции. Они имеют чрезвычайно уплощённую форму, при этом своей широкой поверхностью расположены параллельно поверхности листа, часто изгибаясь свободными концами. Митохондрии располагаются в один ряд между соседними хлоропластами. Такое пространственное положение является оптимальным для данного типа: НАД-МЭ декарбоксилаза локализуется в митохондриях, поэтому высвобожденный CO₂ находится максимально близко к Рубиско хлоропластов и в то же время огражден вакуолью от возможности утечки в мезофилл. Изгибающиеся концы хлоропластов замыкают цитоплазму, также снижая потери CO₂.

Секреторные структуры листьев и цветков у представителей семейства Geraniaceae

Secretory structures of leaves and flowers in the species of Geraniaceae family

Рябуха У.А., Пожванов Г.А., Муравник Л.Е.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

uryabukha@binran.ru

Семейство Geraniaceae Juss. насчитывает более 800 видов растений, которые распространены повсеместно. Наибольший практический интерес для исследования представляет их способность к биосинтезу биологически активных веществ (БАВ), в том числе летучих соединений. Экстракты гераней

применяются в народной медицине, в химической, фармацевтической и парфюмерной промышленности, а сами растения используются при озеленении территорий.

Процессы биосинтеза БАВ приурочены к железистым трихомам (ЖТ), локализованным на поверхности листьев и частей цветка, а также к нектарникам. Ранее нами было показано формирование пяти морфологически различных типов ЖТ у трёх видов *Pelargonium* L'Hér. (Рябуха, Муравник, 2024). Настоящее исследование направлено на выявление ультраструктурных особенностей секреторных тканей в период активной секреции и установление химического состава продуцируемых веществ.

Среди основных органелл цитоплазмы секреторных клеток ЖТ первого (наиболее распространённого) типа обнаруживаются элементы агранулярного и гранулярного эндоплазматического ретикулума, аппарат Гольджи, лейкопласты разнообразной формы и митохондрии. ЖТ способны формировать субкутикулярную полость, в которой накапливается секрет. Другим местом отложения секрета являются вакуоли, содержимое которых различается у растений разных видов.

Использование гистохимических тестов выявляет в ЖТ первичные метаболиты (в частности, кислые полисахариды) и вторичные метаболиты, относящиеся к фенолам, терпеноидам и алкалоидам. Дифференциальный химический анализ листьев и элементов цветка методом GC-MS подтверждает присутствие веществ указанных классов в полученных экстрактах. Нами были установлены различия в составе химических соединений между тремя видами пеларгоний.

Исследование выполнено в рамках государственного задания БИИ РАН (№ 1021071912890-3-1.6.11).

Особенности роста пыльцевых трубок в «синкарпном» гинецее *Nigella damascena* L. (Ranunculaceae)

Features of pollen tube growth in the «syncarpous» gynoecium of *Nigella damascena* L. (Ranunculaceae)

Савельева Н.М., Площинская М.Е.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

davidova.n.m@yandex.ru

В семействе Ranunculaceae, которое относится к базальным двудольным, преобладают виды с апокарпным гинецеем, встречаются как олигомерные с большим числом семязпочек, так и полимерные с одной семязпочкой. Единственный род в семействе, у которого был обнаружен так называемый «синкарпный» гинецей, – это *Nigella* L. Однако, по данным APG-4 Ranunculaceae является монофилетичным семейством, поэтому присутствие единственного рода с синкарпным гинецеем вызывает вопросы. Кроме того, единого мнения о типе гинецея нет. В литературе встречается определение гинецея *Nigella* как «синкарпного без компитума», «псевдосинкарпного» или «синкарпного с особым типом строения и развития». Мы изучили характер роста пыльцевых трубок в тканях и особенности строения гинецея *N. damascena* на разных стадиях развития и показали, что его все же нельзя считать синкарпным – он является псевдосинкарпным в смысле W.Troll, то есть вариацией апокарпного. Плодолистики (от 3 до 5) срастаются исключительно постгенитально, причем объединение в центре происходит за счет разросшегося, центрально расположенного остатка флоральной меристемы, а края плодолистиков срастаются непосредственно между собой. Рост пыльцевых трубок в гинецее *Nigella* типичен для апокарпного гинецея Ranunculaceae: пыльцевые зерна прорастают на папиллозном рыльце по всей длине стилодия и, объединяясь в тяж, входят в полость завязи. Тяж пыльцевых трубок не выходит за пределы «своего» плодолистика, остаток флоральной меристемы не участвует в проведении пыльцевых трубок, следовательно, компитум, характерный для синкарпного гинецея, у *N. damascena* отсутствует.

Реализация потенциалов клеток множественного археспория у *Paeonia anomala* L. и *P. lactiflora* Pall.

Realization of potentials of multiple archesporium in *Paeonia anomala* L. and *P. lactiflora* Pall.

Сапунова Е.А., Виноградова Г.Ю.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

esapunova@binran.ru

Множественный археспорий представляет комплекс спорогенных клеток, которые потенциально могут формировать зародышевые мешки. Однако, несмотря на образование большого числа спорогенных клеток в семязчатках многих растений, в большинстве случаев формируется только один зародышевый мешок. Закономерности развития многоклеточного спорогенного комплекса и особенности реализации его потенциалов слабо изучены. В связи с этим, цель данной работы – выявление потенциалов множественного археспория к формированию нескольких зародышевых мешков и характера их развития в семязчатках *P. anomala* и *P. lactiflora*.

Спорогенный комплекс у *P. anomala* состоит из 12–18 клеток, а у *P. lactiflora* – из 25–30. У обоих видов в мейоз вступают 1–3 мегаспороцита, формирующих каллозную оболочку. Мегаспорогенез происходит по моноспорическому Polygonum-типу, у обоих видов часто образуется 2–3 тетрады мегаспор: в 30% исследованных семязачатков у *P. anomala* и 20% у *P. lactiflora*. Как правило, лишь в одной тетраде халазальная мегаспора дает начало гаметофиту, хотя в некоторых семязачатках у обоих видов наблюдались дополнительные зародышевые мешки, но частота их встречаемости по мере развития снижалась. В единичных случаях отмечены два зрелых зародышевых мешка идентичного строения.

Развитие семязачатка у изученных видов происходит сходным образом, за исключением некоторых различий в массивности париетальной ткани: у *P. lactiflora* со стадии 2-ядерного зародышевого мешка она становится 15-слойной и сохраняет свою толщину до стадии зрелого зародышевого мешка, тогда как у *P. anomala* – 9-слойная. У *P. anomala* отмечено накопление крахмала в клетках нуцеллуса, прилегающих к формирующимся тетрадам, что, возможно, обуславливает более частое образование 2–3 тетрад мегаспор у этого вида, по сравнению с *P. lactiflora*. Снижение частоты встречаемости дополнительных зародышевых мешков, предположительно, связано с существующей между ними конкуренцией за питательные вещества.

Работа поддержана грантом РНФ № 24-26-00276.

Качество семян при свободном и искусственном опылении у *Orchis purpurea* Huds. subsp. *purpurea* (Orchidaceae)

Seed quality under natural and artificial pollination in *Orchis purpurea* Huds. subsp. *purpurea* (Orchidaceae)

Семёнова Е.Ю., Андропова Е.В.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

esemenova@binran.ru

Orchis purpurea принадлежит к числу редких видов, включенных в Красную книгу РФ (2024). Размножается преимущественно семенами, имеет высокую семенную продуктивность. Однако для некоторых популяций отмечена низкая или даже нулевая реальная семенная продуктивность из-за низкого качества семян. В данной работе представлены результаты исследования зрелых семян *O. purpurea*, собранных в 2023 и 2024 годах в двух местонахождениях Крымского полуострова. Данная работа является продолжением исследования жизнеспособности и качества семян у растений из изученных популяций. Ранее в 2016 г. были проведены опыты по проращиванию семян в культуре *in vitro* и изучена их морфология на момент посева и через некоторое время при культивировании на питательной среде. Процент прорастания незрелых семян был низкий, выявлены многочисленные аномалии в их строении, и весьма вероятно, что зародыши в большинстве из них некротизировались бы к моменту диссеминации. В настоящем исследовании представлены результаты морфологического анализа зрелых семян из плодов при искусственном (само- или перекрестном между разными растениями) и свободном опылении. Показано, что в выборках доля жизнеспособных (с зародышем) семян составляла от 26 до 70%. Этот показатель, а также значения морфометрических параметров семян (длина и ширина семени, длина и ширина зародыша), зависели от года исследования, от места произрастания растений, от изучаемого растения и от положения плода на соцветии. Семена 2023 года репродукции не проросли на питательной среде в культуре *in vitro*. Проведенное исследование подтвердило низкое качество семян, формирующихся в данных популяциях. Полученные результаты свидетельствуют о том, что качество семян, по-видимому, не зависит от типа опыления у изученных растений.

Влияние кольцевания на строение проводящих тканей ствола пяти видов древесных растений

Effect of girdling on the structure of the conducting trunk tissues of the five woody plant species

Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Иванова Д.С., Семёнова Л.И.

Институт леса Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Россия

aserkova@krc.karelia.ru

Реакция камбия на избыток сахаров изучена недостаточно. Целью исследования было охарактеризовать анатомические изменения флоэмы и ксилемы различных видов деревьев в условиях повышенного содержания фотоассимилятов. Для создания таких условий мы использовали метод кольцевания ствола. Объектами исследования были различные виды голосеменных (*Abies sibirica* Ledeb., *Pinus sylvestris* L.) и покрытосеменных (*Alnus incana* (L.) Moench, *Betula pendula* Roth., *Populus tremula* L.) древесных растений. Мы провели кольцевание стволов во время активного роста и отобрали образцы флоэмы и ксилемы в зонах над кольцом в конце вегетационного периода. Были отмечены общие реакции

изученных видов на избыточное содержание сахаров, такие как: увеличение приростов флоэмы, паренхиматизация тканей, уменьшение размеров проводящих элементов и увеличение размеров клеток аксиальной паренхимы во флоэме и ксилеме. Мы наблюдали подавление ксилогенеза у четырех из пяти видов. Результаты показали, что избыток фотоассимилятов у голосеменных растений может быть утилизирован в реакциях синтеза компонентов смолы, а у покрытосеменных – в реакциях синтеза компонентов клеточной стенки. Результаты важны для понимания того, как камбий реагирует на избыток фотоассимилятов в изменяющихся условиях окружающей среды.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института леса КарНЦ РАН.

Морфология пыльцы некоторых медоносных растений семейства Розовых Северо-Запада России

Pollen morphology of some Rosaceae honey plants from Northwestern Russia

Скомаха А.Д.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

askomakha@binran.ru

Материалом для исследования послужила пыльца 29 видов дикорастущих и интродуцированных растений из 16 родов семейства Rosaceae, произрастающих на Северо-Западе России. Для изучения были отобраны виды широко распространенные и наиболее доступные для пчел в этом регионе: *Alchemilla vulgaris*, *Aronia melanocarpa*, *Cotoneaster lucidus*, *Dasiphora fruticosa*, *Fragaria vesca*, *Geum aleppicum*, *G. coccineum*, *G. quellyon*, *G. rivale*, *G. urbanum*, *Malus domestica*, *M. sylvestris*, *Pyrus communis*, *Prunus avium*, *P. cerasus*, *P. padus*, *Potentilla argentea*, *P. erecta*, *Rubus caesius*, *R. odoratus*, *R. idaeus*, *Sanguisorba officinalis*, *Sorbus aucuparia*, *Spiraea chamaedryfolia*, *S. salicifolia*, *Filipendula ulmaria*. Сбор растительного материала проводился маршрутным методом, химическая обработка пыльцы ацетоллизным методом Г. Эрдмана. Морфологию пыльцы изучали с помощью светового (СМ), сканирующего электронного (СЭМ) и конфокального лазерного сканирующего (КЛСМ) микроскопов.

Установлено, что пыльцевые зерна всех исследованных видов средних размеров, 25–40 мкм, изредка немного меньше, у большинства 3-бороздно-оровые, у *Sanguisorba officinalis* 6-бороздно-оровые, со струйчатой или производной от нее скульптурой. В дисперсном состоянии пыльца легко определяется до семейства, и часто до рода. Однако, представители родов *Rosa* и *Rubus* по пыльце различаются плохо. Составлены морфологические описания, фототаблицы с изображениями и ключ для определения пыльцы. Полученные данные позволяют упростить производителям меда ботаническое определение пыльцы представителей семейства Rosaceae в тестируемых образцах меда.

Сезонная динамика пластид в клетках мезофилла *Pinus sylvestris* L. (Pinaceae)

Chloroplast seasonal dynamics in *Pinus sylvestris* L. (Pinaceae) mesophyll cells

Тарасова М.С.^{1,2}, Котеева Н.К.¹, Иванова А.Н.^{1,2}

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

maria17tarasova@gmail.com

В процессе газообмена и последующей фиксации CO₂ важную роль играет строение фотосинтетического аппарата, большое внимание уделяется расположению хлоропластов в клетке, их размерам и форме, строению тилакоидной системы, объёму стромы, наличию включений.

Изучение фотосинтеза и связанных с ним процессов часто основано на моделировании, и некоторые параметры рассчитываются теоретически и принимаются как данные (Evans, 2020). Расчёт параметров, таких как объём и площадь поверхности пластид, в таком случае часто сводится к представлению органелл в виде идеальных геометрических фигур – сферы или эллипсоида. Однако, такой подход неизбежно приводит к ошибкам, а наблюдаемые различия результатов могут быть неправильно интерпретированы. Форму и размеры органелл для построения моделей определяют по двумерным изображениям срезов клеток, что не отражает реальных параметров пластид.

Получение 3D реконструкций хлоропластов позволяет получить более достоверные значения объёма и площади поверхности (Harwood et al., 2019), и адекватно оценить зависимость этих параметров от интересующих факторов. В настоящем исследовании рассмотрена сезонная динамика пластид в клетках мезофилла *Pinus sylvestris*. В течение вегетационного сезона пластиды располагаются вдоль клеточной стенки преимущественно в один ряд, уплощённые, форму имеют от округлой до эллипсоидной. Выросты не наблюдаются. В зимний же период хлоропласты располагаются плотно, более чем в два ряда. Пластиды имеют неправильную форму и образуют выросты – стромули – максимальное количество которых наблюдается ранней весной. Заметно увеличен объём стромы по сравнению с летним периодом.

Применение метода 3D реконструкций позволяет не только выявлять различия формы и положения хлоропластов в разные сезоны, но и оценивать изменения таких характеристик, как объём и площадь поверхности.

Сравнительная карпология представителей *Hyophorbe* Gaertn. (Arecaceae–Arecoideae–Chamaedoreae)

Comparative carpology of *Hyophorbe* Gaertn. representatives (Arecaceae–Arecoideae–Chamaedoreae)

Тимченко А.С.¹, Романов М.С.¹, Бобров А.В.²

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия;

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

ant.tim4enko@yandex.ru

Род *Hyophorbe* Gaertn. относится к трибе Chamaedoreae, которая является одной из наиболее рано ответвившихся триб Arecoideae. *Hyophorbe* включает пять видов пальм, эндемичных для Маскаренских островов. Целью исследования было выявление особенностей строения и развития перикарпия представителей *Hyophorbe* и установление характерных морфогенетических типов плода у рано ответвившихся представителей Arecoideae с целью определения ключевых карпологических характеристик этой группы. Перикарпий представителей *Hyophorbe* состоит из однослойного экзокарпия, многослойного мезокарпия (с ранних стадий развития дифференцируется на внешнюю и внутреннюю зоны) и однослойный эндокарпий (представлен одним слоем радиально удлинённых палисадных склереид или неспециализированных тонкостенных эпидермальных клеток). Во внутренней зоне мезокарпия *H. lagenicaulis* (L.H. Bailey) Н.Е. Moore дифференцируется дополнительная внутренняя субдермальная зона, представленная 1–3 слоями частично склерифицированных клеток. Плоды представителей *Hyophorbe* относятся к двум морфогенетическим типам плода: пиренарий Пех-типа со склерифицированным эндокарпием (*H. lagenicaulis*, *H. verschaffeltii* (W. Bull ex J.Dix) H. Wendl.), *H. indica* Gaertn.) и ягода Nuphar-типа без сплошной склерифицированной зоны в перикарпии (*H. vauhanii* L.H. Bailey, *H. amaricaulis* Mart.). Род *Hyophorbe* является одним из наиболее рано ответвившихся в трибе Chamaedoreae, в связи с чем пиренарий Пех-типа и ягода Nuphar-типа рассматриваются как наиболее вероятные исходные типы плодов для подсемейства Arecoideae.

Инициация боковых корней у растений «Apache Potato» разного возраста

Initiation of lateral roots in potato plants of different ages

Фенерова П.Ю., Фролов К.Б.

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет,

Санкт-Петербург, Россия

p_fenerova@mail.ru

В работе изучали анатомическое строение стебля картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта «Apache Potato» в динамике его развития от прорастания клубня до начала цветения. Картофель, как и многие пасленовые, достаточно легко дает боковые корни, что позволяет размножать его вегетативно. Показано, что в первые 40 дней при условии продолжительного светового дня побег картофеля в любом месте способен инициировать появление и рост придаточных корней. Однако эта способность падает почти до нуля при сокращении светового дня, что обычно соответствует началу цветения и клубнеобразования. Замечено, что если продолжительность светового дня не снижается, например, при выращивании в контролируемых условиях аэропоники, то из пазух побега начинают развиваться пасынки вплоть до апекса побега, а закладки клубней не происходит. Способность к инициации боковых корней при этом сохраняется. Важно отметить, что при сокращении светового дня способность к инициации боковых корней сохраняется, однако роста корней не происходит.

Как и у многих травянистых растений, по мере роста клетки сердцевинной паренхимы разрушаются в базипетальном направлении, образуя воздушную полость. Кроме того, по мере удаления от апекса, происходит объединение пучков ксилемы в три большие группы пучков, напротив которых за счет коровой паренхимы образуются так называемые крылья.

При анализе гистологических препаратов выявлено, что инициация примордиев боковых корней происходит в клетках перицикла. При изучении анатомического строения столонов показано, что они являются почти полным аналогом стебля, однако разрушения клеток сердцевинной паренхимы не происходит, а придаточные корни формируются только в листовых узлах. По результатам анатомических исследований стебля Apache Potato была выявлена обратная взаимосвязь между способностью к росту боковых корней и продолжительностью светового дня.

**Морфологические особенности пыльцевых зерен растений-медоносов семейств
Fabaceae, Rosaceae, Asteraceae флоры Удмуртской Республики**
Morphological features of pollen grains of honey plants of the Fabaceae, Rosaceae, Asteraceae families
of flora of the Udmurt Republic

Якимова А.Д.

Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

anastasia12wh@yandex.ru

Исследование медоносных ресурсов актуально для регионов России, в том числе и для Удмуртии. Цель работы – изучить и проанализировать морфологические особенности пыльцевых зерен (ПЗ) растений-медоносов Удмуртии. Материалом послужили ПЗ 49 видов растений семейств Fabaceae (18), Rosaceae (14), Asteraceae (17), взятые с образцов, хранящихся в Гербарии Удмуртского государственного университета (UDU), в том числе собранных нами в сезоны 2021–2024 гг. Препараты пыльцы для микроскопического изучения подготовлены нами в лаборатории палинологии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, в лабораториях Регионального образовательного Центра одаренных детей «ТАУ» и Удмуртского университета (г. Ижевск). Изучение палинологических проб выполнено с использованием микроскопа Micromed 2. 2/20 (объектив МИ *100), фотофиксация проведена при помощи цифровой камеры MC-HD-4K.

Пыльца изученных видов по размерам различается незначительно: 11 видов имеют мелкие ПЗ, пыльца всех оставшихся видов – средняя. По очертанию в экваториальной проекции ПЗ чаще округлые или эллиптические. В полярной проекции у 30 видов ПЗ в очертании округлые, у 14 видов – округло-треугольные. Большинство изученных растений имеют ПЗ сфероидальной и эллипсоидальной формы, другие формы редки. Встретилось два типа сложных апертур ПЗ: преобладают виды с трёхборздно-поровой апертурой; трёхборздно-поровая встречается значительно реже. Поверхность ПЗ изученных видов представлена 11 типами скульптуры. По комплексу морфологических признаков запланирована подготовка ключа для определения пыльцы медоносных растений Удмуртии.

Работа выполняется в рамках темы «Биоразнообразие природных экосистем Заволжско-Уральского региона: история его формирования, современная динамика и пути охраны» (FEWS-2024-0011).

Строение перикарпия *Xylococcus bicolor* Nutt. (Arbutoideae, Ericaceae)
The structure of the pericarp of *Xylococcus bicolor* Nutt. (Arbutoideae, Ericaceae)

Яценко О.В.

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

olga.yatsenko.msu@gmail.com

Подсемейство Arbutoideae вместе с Enkianthoideae, Pyroloideae и Monotropoideae образует граду базальных Ericaceae и насчитывает шесть родов и 101 вид. *Xylococcus* Nutt. – монотипный род вечнозелёных древовидных кустарников, произрастающих на юге штата Калифорния (США) и на полуострове Нижняя Калифорния (Мексика). В литературе его плоды описываются как ягодообразные с «бумажистым» перикарпием и «твёрдой» косточкой. Впервые исследована анатомическая структура перикарпия зрелых плодов *Xylococcus bicolor*. Экзокарпий представлен одним слоем клеток с утолщенными, очень слабо одревесневающими клеточными стенками. Мезокарпий дифференцирован на две зоны. Наружная зона представлена 16–20 слоями клеток с неодревесневающими клеточными стенками, содержащими флобафены. Среди этих клеток группами по 3–5 располагаются склереиды. В этой зоне наблюдаются регулярные вытянутые рексигенные полости. На границе двух зон мезокарпия располагаются дорзальные проводящие пучки, от которых отходит большое количество радиальных. Внутренняя зона мезокарпия представлена 30–40 слоями плотно расположенных склереид, образующих так называемую «косточку» с пятью локулами. По центру каждой септы проходят тяжи клеток со слабоутолщенными не одревесневающими клеточными стенками. Такие же тяжи проходят от дорзального проводящего пучка к внешнему краю локулы. Эндокарпий однослойный, представлен округлыми на поперечном срезе склереидами. Так как непрерывная склеренхимная зона в перикарпии образована внутренней зоной мезокарпия и эндокарпием, согласно морфогенетической классификации плодов (Бобров, Романов 2019), плод *X. bicolor* следует считать пиренарием Butia-типа. Этот тип плода характерен и для других изученных нами представителей Arbutoideae – *Arctous alpina* L., *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., однако, для них не отмечено наличие проводящих и механических элементов в наружной зоне мезокарпия, что является характерной особенностью специализированной ягоды Nuphar-типа, описанной нами у представителей рода *Arbutus*.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абдикеримова П.Н.	72
Абдурахманова З.И.	72
Аверина С.Г.	12, 38
Аверьянова А.Л.	166
Автономова А.В.	110
Акимов А.И.	51, 53
Аксёнов-Грибанов Д.В.	63, 141
Акулич И.В.	56
Амбросова А.П.	56
Андропова Е.В.	172, 182
Аниканов Н.М.	37
Анисимова Г.М.	34
Анисимова О.К.	113, 133
Антимонова М.А.	110
Арапов К.А.	73, 90, 92
Архипова М.В.	73
Асадулаев З.М.	72
Атесленко Е.В.	104
Афошин Н.В.	172
Бабич Д.И.	37, 41
Багрецова М.Р.	110, 123
Бадмаева Г.Р.	138
Бакалин В.А.	65
Барсова Е.А.	38
Батлуцкая М.Ю.	38
Бачура Ю.М.	48
Безбородова Т.Е.	74
Белов Н.С.	98
Белышенко А.Ю.	63, 141
Беляева Н.Г.	74
Бердасова К.С.	104, 108
Бердиева М.А.	48, 49
Бердников Р.В.	117
Березина Е.В.	61, 126, 131
Берестецкий А.Л.	119
Берестецкий А.О.	145, 158
Бикташева М.О.	111, 112, 116, 132
Билова Т.Е.	115
Бобошко Е.А.	172
Бобров А.А.	97, 98, 168
Бобров А.В.	176, 178, 184
Богданова Д.В.	75
Богданова Е.М.	111, 112, 129
Богданова Я.А.	63
Болсун И.М.	135
Борисенко Т.А.	173
Бортников Ф.М.	135, 153
Борцов К.В.	136
Брага М.В.	173
Брилкина А.А.	61, 126, 131
Бритаев Т.А.	49

Брицкий Д.А.	12
Буракова А.В.	162
Бусько Е. Г.	56
Вавилина Т.Н.	63, 141
Вакалюк Л.А.	174
Валерьянова М.А.	112
Валиева А.К.	174
Ванисов С.А.	112, 113
Васильев С.С.	75
Васильева Д.Д.	113
Васильева М.П.	57
Васильченко А.С.	154
Васюков В.М.	99
Веклич Т.Н.	172
Виноградова Г.Ю.	177, 181
Виноградова Ю.С.	98, 168
Виролайнен П.А.	136
Вишняков В.С.	14
Владимирова В.А.	57
Власов Д.Ю.	15
Власова В.А.	114
Воденеева Е.Л.	42
Вознесенская Е.В.	16
Войцеховская О.В.	124
Волкова П.А.	97
Волобуев С.В.	141, 157
Вольховский А.В.	60
Воякина Е.Ю.	37, 46
Габдрахманова В.Ф.	115
Галеева Е.И.	116
Галибина Н.А.	131
Гамова Н.С.	96
Ганчева М.С.	123, 129
Гельтман Д.В.	5, 169
Гельфанд М.С.	7
Генкал С.И.	52
Георгиева М.Л.	121, 156
Гимельбрант Д.Е.	32, 154, 157, 160
Гладилин А.А.	169
Глинский В.Н.	165
Глушко П.А.	39
Глуценко А.М.	39, 52
Гмошинский В.И.	155
Говорова Д.С.	64
Гоголева О.А.	145, 161
Голдхэнд М.В.	72
Головнева Л.Б.	163
Голосов Д.А.	58
Голубева А.И.	40
Голушко Н.И.	115
Гольдштейн М.С.	64

Гольцверт Г.С.	76	Завьялов А.Е.	175
Гомжина М.М.	17	Замуруева В.В.	78, 81, 87
Гончаренко В.А.	137	Замяткина Е.Б.	42, 54
Горин К.К.	40, 43	Занько Ю.С.	175
Горшков В.Ю.	145, 161	Захарова В.Е.	81
Григорьев А.А.	91	Звягина Е.А.	142, 155
Григорян А.Г.	76	Здобнова Т.А.	131
Грищенко М.Ю.	76	Здравчев Н.С.	176
Громова О.А.	77, 91	Зеленкевич Н.А.	30
Груммо Д.Г.	30	Золина А.А.	163
Гудкова Е.П.	137	Зуева А.С.	140
Гулк Е.И.	37, 41	Иванов С.Д.	43
Гунченкова А.Д.	162	Иванова А.Н.	180, 183
Гурьянов О.П.	116	Иванова Д.Д.	140
Гусарова Г.Л.	168	Иванова Д.С.	182
Гусев Е.С.	46	Иванова М.О.	97
Гусева Е.А.	105	Иванушенко Ю.Ю.	141
Даминова А.Г.	116	Игнатенко Р.В.	131
Данелия Г.В.	116	Ильина Е.Л.	7, 112, 118, 119, 127, 128
Данилов Л.Г.	168	Ильина О.В.	51
Демченко К.Н.	7, 112, 118, 119, 127, 128	Ильюшин В.А.	149, 151
Денисова Перния Н.	138	Имидоева Н.А.	63, 141
Деркач Е.С.	77	Ипатова В.И.	45
Дзизюрова В.Д.	78, 81, 84, 87	Исакова Е.Б.	120
Диярова Д.К.	138	Исмаилов А.Б.	136, 142
Дмитриева М.Е.	63, 141	Ишманов Т.Ф.	142
Добронравина В.Н.	78	Кабушева И.Н.	104
Домашкина В.В.	168	Кадивова Н.Г.	72
Домашова А.В.	147	Казарцев И.А.	145, 158
Донских Е.И.	117	Калабухова А.В.	176
Дронов И.Е.	163	Карсонова Д.Д.	82
Дудка В.А.	139	Качанова Е.В.	172
Дудов С.В.	19, 78, 87, 169	Кезля Е.М.	47
Дудова К.В.	19, 79	Кезля Е.М.	39, 46, 47
Дятчик А.С.	79	Кессель Д.С.	74
Евнукова И.Е.	96	Киркина М.П.	143
Ежова М.А.	169	Кирпичникова А.А.	111, 112, 116, 132
Еловская Н.А.	117	Кирцидели И.Ю.	149, 151
Елумеева Т.Г.	91	Кирюшкин А.С.	7, 112, 118, 119, 127, 128
Елфимова Н.В.	139	Киселев К.А.	65
Емельянов В.В.	112, 113, 129	Киселёв М.В.	60
Емельянова М.С.	47	Китаева А.Б.	125
Епринцев А.Т.	133	Климова Е.В.	105
Ермилова Е.В.	114, 130	Клюбина А.В.	119
Ермолаева О.Ю.	68	Ковалев Н.И.	106
Ершова Е.Г.	166	Ковалев Н.Н.	38
Ершова М.А.	131	Кожевникова М.В.	94
Ефимов П. Г.	8	Козлов Н.В.	177
Железнова О.С.	80	Колесникова Е.О.	117
Жидкин Р.Р.	134	Колосовская М.В.	65
Жмеренецкий А.А.	81	Колупаева М.К.	63
Жолобова Ж.О.	118	Комар А.Ю.	82
Журова Д.А.	42	Комар С.А.	82

Комарницкая Н.А.	143	Логачёва М.Д.	24, 169
Кондакова Г.В.	155	Ложникова О.О.	100
Кондрачук Ф.В.	97	Лукина Е.Г.	145, 158
Конорева Л.А.	140	Луптакова А.Д.	146
Конотоп Н.К.	98, 168	Лутова Л.А.	123, 125, 127, 129
Копанина А.В.	93	Лутовинова В.А.	146
Кораблёв А.П.	73, 90, 92	Лыкова Т.Ю.	120
Корнейкова М.В.	156	Лысакова В.С.	120
Королева М.М.	164	Лю Я.	39
Костыркин М.М.	98	Любарова А.П.	163, 165
Котеева Н.К.	16, 173, 180, 183	Мазей Н.Г.	166
Котина Е.Л.	178	Мазей Ю.А.	166
Котлов И.П.	86	Макарова А.И.	100
Котлова Е.Р.	121	Макогон И.В.	109
Котлярова В.С.	138	Максимов И.В.	115
Котлярчук Е.А.	83	Максимова Н.Ю.	45
Котова А.С.	43	Малыгина Е.В.	63, 141
Кочерян П.В.	138	Малышева К.В.	121, 156
Кравченко Е.С.	110	Мальцев Е.И.	39, 44, 46, 50, 52
Крапивин А.Д.	99	Манжиева Б.С.	121
Краснова Д.И.	61	Мануковская И.А.	139
Краснопольская Л.М.	110, 120	Маркова Е.М.	102
Кривина Е.С.	43	Мартыненко Н.А.	46
Кривова З.В.	44, 50	Мартынова Е.И.	141
Кудрявцева Е.О.	44	Мартынова Н.В.	59
Кудякова С.Т.	73	Маслаков А.А.	76
Кузнецова Е.С.	160	Маслов А.А.	74
Кузьмина И.А.	144	Масловская О.В.	84
Кукуричкин Г.М.	75	Матвеева Т.В.	134
Кукушкин В.С.	119	Медведева Н.А.	58
Кулизин П.В.	46	Медведева С.О.	169
Куликова Е.Я.	89	Мелькумов Г.М.	139, 147, 148
Куликовский М.С. ...	39, 40, 44, 46, 47, 50, 52	Минибаева Ф.В.	116
Купцов К.В.	177	Мирин Д.М.	86
Курагина Н.С.	138	Миронов А.В.	39, 46, 47, 52
Курапов А.С.	99, 106	Миронова Л.Н.	104
Курбатова Л.Е.	21, 66, 111	Миронова Э.А.	47, 147
Кускин П.Г.	125	Митина Г.В.	132, 149, 159
Кушневская Е.В.	64, 67, 68, 70	Мифтахова Г.И.	148
Лаврская Е.А.	144	Михайлова А.А.	178
Ладьянова Г.С.	58	Михеев В.С.	126
Лапина А.М.	83	Михеева С.В.	107
Лапина Т.В.	114, 130	Михель И.М.	122
Ларионова К.С.	59	Моисеев Д.А.	77
Лебедева А.А.	145, 161	Моисеев П.А.	77
Лебедева М.А.	123, 125, 127	Морозов Я.В.	123
Левшин И.Б.	154	Морозова К.В.	57
Лексин И.Ю.	116	Москвичева В.В.	105
Леонова Н.Б.	103	Мощенская Ю.Л.	131
Леострин А.В.	22, 96, 101, 168	Муравник Л.Е.	180
Ликсакова Н.С.	74	Муравьева А.В.	47
Липейко Е.А.	178	Мурзагулова Г.Ш.	145, 161
Лисицына А.Д.	84	Муртузова А.В.	111, 120

Мустафа Ф.	107	Подольян Е.А.	88, 108
Мустафин М.А.	165	Пожванов Г.А.	26, 180
Мухина Ж.М.	112	Полежаева М.А.	170
Мыскова А.В.	123	Полосухина Д.А.	66
Мыцыкова А.А.	148	Полошевец Т.В.	89
Назметдинова А.И.	149	Полуэктова Е.В.	152
Напреенко М.Г.	76	Польшаков В.И.	154
Науменко Н.И.	100, 102	Пономарева Т.И.	70
Нергуи С.	52	Попкова Н.Б.	179
Нерезенко А.М.	136	Попова О.Ю.	152
Нестерова К.А.	166	Попова С.С.	166
Нешатаев В.В.	85, 92	Попыванов Д.В.	153
Нешатаев М.В.	74, 92	Портнов А.М.	43
Никифорова М.А.	108	Потемкин А.Д.	27
Николаев Н.С.	149	Приписнова Е.С.	126
Николаева Л.А.	179	Приходько И.С.	146, 153
Николайчук В.В.	117, 124	Прокопьев И.А.	118
Никулина А.И.	85	Прокушкин А.С.	66
Нилова М.В.	174	Прохоров В.Е.	148
Новгородова А.И.	150	Птицына Е.В.	169
Новиков А.С.	74, 86	Пугачева Л.В.	88
Новикова А.А.	48	Пузанский Р.К.	112, 113, 129
Новикова О.А.	86	Пунина Е.О.	28
Новожилов Ю.К.	146, 153	Путятина Е.С.	106
Новоселова Е.А.	150	Пушина З.В.	165
Носова Н.В.	25	Пьянова А.С.	104, 108
Овчинников И.А.	124	Пяк Е.А.	170
Озерова С.Д.	77, 87	Пятница Н.В.	109
Олейникова Е.М.	107	Рассабина А.Е.	116
Омелько А.М.	81	Ревунова Л.Г.	106
Орлова А.А.	115	Резник Е.В.	49
Откидач М.С.	94	Рогожин Е.А.	122
Павлов И.Б.	124	Родина О.А.	126
Палий О.С.	48	Родионов А.В.	168
Панкратова И.В.	85	Родионова А.А.	154, 160
Панькова В.В.	136	Рожкова-Тимина И.О.	101
Панькова И.Г.	151	Романов М.С.	178, 184
Пауков А.Г.	144, 152	Романова М.А.	172
Пашковский П.П.	115	Романюк А.С.	89
Певзнер М.М.	166	Рошка Ю.А.	154
Пенин А.А.	169	Рубцова Д.Н.	125, 127
Перцев В.С.	125	Рудыкина Е.А.	155
Петренко В.А.	125, 127	Рузаков В.А.	180
Петренко Т.Я.	78, 81, 87	Рутковская Е.М.	123
Петров В.К.	62	Рыбин Д.А.	61, 131
Петрова А.М.	97	Рыбинская Е.И.	117
Печенкина К.О.	88	Рыжова Е.М.	66
Пименов В.Е.	166	Рылькова О.А.	53
Пиневич А.В.	12	Рябуха У.А.	180
Площинская М.Е.	181	Рязанов Е.А.	145, 161
Повыдыш М.Н.	26	Сабуцкий Ю.Е.	108
Погостина Д.Д.	151	Савельева Н.М.	181
Погосян А.А.	147	Сагалаев В.А.	138

Садковская А.И.	60	Тараканов И.Г.	110, 123
Садыкова В.С.	121, 154, 156	Тарасова М.С.	183
Сазанова К.В.	126	Тараховская Е.Р.	37, 41, 42, 54
Саидов Н.Т.	101	Тарелкина Т.В.	172, 182
Сакулин С.В.	155	Татаринев Н.Д.	157
Салаев И.В.	60	Темралеева А.Д.	32, 43
Самуха М.А.	127	Терентьева М.В.	91
Сандалова Е.В.	73, 90	Теслюк И.А.	131
Сапожников Ф.В.	51	Тимофеева Е.А.	32, 157
Сапунова Е.А.	181	Тимченко А.С.	184
Сафонов П.Ю.	48, 49	Титовец А.В.	74
Сафронова А.А.	94	Тобратов С.А.	80
Сахаров Я.А.	60	Третьякова Е.С.	67
Селезнева А.П.	50	Трифопова Т.В.	116
Селиванова А.Е.	88	Трофимова Ю.А.	132
Семёнова Е.Ю.	182	Тюрин В.Н.	72, 84
Семёнова Л.И.	172, 182	Тютерева Е.В.	33, 111, 120, 124, 130
Сёмин А.А.	61, 131	Устинов В.А.	61
Сеник С.В.	29, 121	Ухваткина О.Н.	81
Серёгин А.П.	19	Фазлутдинова А.И.	54
Серкова А.А.	172, 182	Фассахов Б.Н.	102
Силинская С.А.	115	Федорин Д.Н.	133
Симонова К.И.	90	Фенерова П.Ю.	184
Синева О.Н.	120	Филатова И.О.	97
Синяпкина П.А.	128	Филиппов И.В.	142
Скарлато С.О.	49	Филиппова А.А.	132
Скомаха А.Д.	183	Филиппова А.М.	51
Скрыпник Л.Н.	98	Филиппова Н.В.	142, 146
Скрябина А.О.	67	Филлюшин М.А.	133
Слезова С.А.	129	Фрейдин Г.Л.	68
Слепцова А.П.	102	Фролов А.А.	115
Смирнов П.Д.	113	Фролов К.Б.	184
Смирнова Е.В.	67	Фролова Н.В.	115
Смирнова С.В.	50	Хабибрахманова В.Р.	116
Снигиревский С.М.	163, 165	Хакулова А.А.	121
Соболева А.В.	115	Халилуев М.Р.	122
Созинов О.В.	30, 60, 74, 79, 92	Халиуллина Л.Ю.	39
Соколов В.В.	121, 156	Хасанов Б.Ф.	174
Соколов М.Ф.	129	Хитёв Г.П.	52
Соломонова Е.С.	51, 53	Хмарик А.Г.	74, 92
Сонина А.В.	143	Хмелькова Е.И.	145, 158
Сорокань А.В.	115	Хомутова А.Е.	133
Софронов Ю.В.	91	Хомякова В.А.	92
Сошина А.С.	156	Христюк-Макарова Я.А.	69
Старча А.Н.	68	Цветкова Ю.В.	158
Стаинов В.Р.	130	Цвижба Р.А.	69
Степанов Н.В.	65	Цеплик Н.Д.	52
Степанчикова И.С.	32, 154, 157, 160	Цуриков А.Г.	135
Стерлягова И.Н.	46	Цыркунова Н.В.	92
Стриженов А.Д.	130	Цыганов А.Н.	166
Стручкова И.В.	126	Цыганов В.Е.	9, 125
Сухова А.А.	61, 131	Чекунова Е.М.	136
Сысой И.П.	56	Черепанова М.А.	132, 149, 159

Черепанова О.Е.	169	Шитц Е.С.	94
Черепенина Д.А.	159	Шишова М.Ф.	111, 112, 116, 132
Черненко Т.В.	11, 74, 86	Шоман Н.Ю.	51, 53
Чернышова В.А.	160	Шорохова Е.В.	70
Чесноков С.В.	140	Шорохова М.А.	70
Четвергова П.В.	160	Штанг А.К.	70
Чечельницкая В.А.	93	Щукина К.В.	74, 92
Чирва О.В.	131	Юнусова Д.Р.	170
Чиркова Е.А.	62	Юрманов А.А.	39
Чмыхов А.А.	103	Юсова Е.Д.	62
Чоглокова А.А.	132, 149, 159	Юсуповский Д.В.	170, 171
Чунаев А.С.	33	Якимова А.Д.	185
Шавалда Е.С.	82	Якубова А.Т.	94
Шаварда А.Л.	112, 113, 119, 126	Якупова А.Р.	54
Шамров И.И.	34	Яндовка Л.Ф.	176
Шапошников А.Д.	134	Яньшин Н.А.	42, 54
Шатравина К.А.	145, 161	Яценко И.О.	107
Швенглер (Ицык) Т.В.	40, 53	Яценко О.В.	185
Швидская К.А.	93	Beckett R.P.	116
Шелковникова В.Н.	141	Edwards G.E.	16

МАТЕРИАЛЫ VI (XIV)
Международной ботанической конференции
молодых учёных в Санкт-Петербурге
21–25 апреля 2025 года

Подписано в печать 09.04.25. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Печ. л. 24,25.
Тираж 100 экз. Заказ 28.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
197022, С.-Петербург, ул. Проф. Попова, 5Ф