



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

## МАТЕРИАЛЫ

V (XIII) Международной ботанической конференции  
молодых учёных в Санкт-Петербурге

25–29 апреля 2022 года



## PROCEEDINGS

of V (XIII) International Botanical Conference  
of Young Scientists in Saint-Petersburg

April 25<sup>th</sup>–29<sup>th</sup>, 2022

Санкт-Петербург – 2022

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

## **МАТЕРИАЛЫ**

**V (XIII) Международной ботанической конференции  
молодых учёных в Санкт-Петербурге  
25–29 апреля 2022 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 V (XIII) International Botanical Conference**  
**of Young Scientists in Saint-Petersburg**  
**April 25<sup>th</sup>–29<sup>th</sup>, 2022**

Санкт-Петербург  
Saint Petersburg  
2022

УДК 581: 582: 58.006: 502.75

**Редакционная коллегия:**

д.б.н. Гельтман Д. В. (председатель),  
к.б.н. Волобуев С. В. (ответственный редактор),  
к.б.н. Леострин А. В. (ответственный секретарь),  
Большаков С. Ю., к.б.н. Гагарина Л. В., Дмитриева В. А., Домашкина В. В.,  
Журбенко П. М., Золина А. А., Иванов С. Д., Карамышева А. В., Карсонова Д. Д.,  
к.б.н. Кораблёв А. П., Любарова А. П., к.б.н. Медведева Н. А.,  
к.б.н. Петрова Н. В., Рябуха У. А., к.б.н. Сазанова К. В.,  
к.б.н. Сенник С. В., к.б.н. Смирнова С. В., к.б.н. Степанова А. В.

**Материалы V (XIII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге (25–29 апреля 2022 года).** СПб.: БИН РАН, 2022. 174 с.

В сборник материалов V (XIII) Международной ботанической конференции молодых учёных в Санкт-Петербурге включены тезисы докладов, представленные участниками конференции по 10 тематическим направлениям «Альгология», «Ботаническое ресурсоведение», «Геоботаника», «География высших растений», «Интродукция растений», «Клеточная и молекулярная биология и метаболизм растений и грибов», «Микология и лишенология», «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 V (XIII) International Botanical Conference of Young Scientists in Saint-Petersburg (April 25<sup>th</sup>–29<sup>th</sup>, 2022).** Saint Petersburg, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 2022. 174 p.

ISBN 978-5-7629-3012-3

© Коллектив авторов, 2022  
© Совет молодых учёных БИН РАН

УЧАСТНИКАМ V (XIII) МЕЖДУНАРОДНОЙ БОТАНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

*Дорогие коллеги!*

Проведение международных молодёжных ботанических конференций в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН – давняя традиция. Участники первых конференций сейчас принадлежат к старшему поколению исследователей. Очень многие активно работающие российские ботаники неоднократно выступали на таких конференциях или принимали участие в их организации, что стало для них хорошей школой научно-организационной деятельности. В стране многое менялось за эти годы, но неизменным оставалось желание молодых ботаников наконец-то встретиться на берегах Невы и обсудить насущные проблемы любимой науки.

Ботаника не относится к модным наукам, о ней нечасто вспоминают составители различных актуальных перечней научных направлений. Однако нам-то хорошо известно, что профессиональные и компетентные знания об окружающем нас растительном мире нужны всегда, а в отдельные моменты истории они оказывались жизненно важными в самом буквальном значении этих слов. Не будем забывать и о том, что познание природы родной страны – это и глубоко патриотичное дело.

Сейчас имеется довольно много инициатив по стимулированию притока молодёжи в отечественную науку и это можно только приветствовать. Тем не менее, надо всегда помнить, что наука молодых должна быть наукой очень высокого уровня без всяких скидок на возраст или иные обстоятельства. Именно от молодых мы ожидаем интенсивной работы, сбора интересного полевого и экспериментального материала, прорывных научных идей и, конечно, достойных публикаций. Нам всем – молодым и не очень – надо избегать немалого соблазна научного провинциализма вне зависимости от того, где расположено место нашей работы. Настоящая наука бывает только «первой свежести».

В последние годы мы по известным причинам все чаще встречаемся дистанционно. Это нередко бывает удобно, но всем нам очевидно, что никакие технологии не могут заменить живое общение исследователей. Очень важно и ощущение профессионального единения, общности интересов. Уверен, что именно это и произойдет на нашей конференции, а каждый её день будет содержательным и оставит позитивные впечатления у всех её участников.

Д. В. Гельтман  
директор Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН,  
доктор биологических наук



## ПЛЕНАРНЫЕ И СЕКЦИОННЫЕ ЛЕКЦИИ

**Особенности изучения тропических флор**

Specific characters of floristic studies in tropics

Аверьянов Л.В.

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

av\_leonid@mail.ru

Общеизвестно, что современный этап развития биосферы характеризуется глубоким и катастрофически быстрым, фактически одномоментным сокращением биологического разнообразия. Это является прямым следствием массового вымирания видов при тотальном разрушении среды их обитания. Такие изменения обусловлены перенаселением планеты и многочисленными сопутствующими факторами. Современное вымирание видов и разрушение их сообществ наблюдается во всех без исключения таксономических группах. Однако угасание аборигенных флор и деградация первичного растительного покрова играют особую роль в усилении негативных изменений природных условий на нашей планете. При этом на просторах Голарктики, где проживает большинство образованного населения, вымирание видов, разрушение аборигенных флор и растительного покрова, особенно в областях бореального и умеренного климата пока не слишком заметно. В то же время в большинстве субтропических и особенно тропических стран процесс угасания аборигенных флор несет характер катастрофического, исполненного истинного драматизма коллапса, при котором вымирание 60–70% видов обоснованно прогнозируется уже к середине нынешнего века. Значительные различия в характере флор определяют особую специфику флористических исследований в тропиках в отличие от столь популярного изучения флор умеренной зоны. Наиболее важные особенности изучения тропических флор перечислены ниже.

Большое таксономическое богатство. Если локальные флоры умеренной зоны редко включают более 1500 видов, то тропические флоры в норме включают 6000–8000 видов, а наиболее богатые флоры центральной Америки, Индонезии или Новой Гвинеи могут включать 25000–30000 и более видов сосудистых растений.

Слабая изученность флор. Изучение большинства тропических флор находится на начальной стадии, либо такие флоры не изучались вовсе. До настоящего времени нет ни одной законченной современной региональной “флоры” тропической зоны. Единичные проекты, типа “Flora of Thailand” и “Flora Malesiana”, активно работающие более полувека, еще очень далеки от завершения.

Вымирание и крайняя фрагментированность первичной растительности. В среднем первичные сообщества растений в настоящее время составляют менее 5% территории тропических стран. В ряде стран первичная растительность уничтожена полностью. Источником изучения таких флор являются только гербарные образцы, собранные в далеком прошлом.

Высокий уровень эндемизма. Узкий эндемизм, характерный для всех без исключения тропических флор, может достигать 30 и даже 40%. На изолированных горных вершинах или скальных известняках ареал таких видов часто занимает всего несколько квадратных километров. Обычно такие места обитания крайне труднодоступны для исследователя, но легко разрушаются самыми различными факторами.

Редкость многих видов. В спектре обычных, редких и очень редких видов тропических флор исключительно редкие виды составляют приблизительно 20–25%. Это виды, для нахождения которых требуются десятилетия полевых работ. Поэтому инвентаризация флор тропической зоны стандартными методами никогда не может считаться полной.

Высокий процент инвазивных видов. В отдельных тропических флорах чужеродное, инвазивное ядро может включать 1000–1500 и даже более видов. При этом среди них доминируют кустарники и деревья быстро и полностью вытесняющие местные растения широким фронтом.

Необратимое разрушение аборигенных флор чужеродными растениями. Заселение территории часто происходит не только отдельными, особо агрессивными видами, но и исторически сложившимися адаптивно сопряженными комплексами инвазивных видов (типа *Opuntia* + виды воробьиных). Процесс этот необратим и фатально ведет к полному вымиранию аборигенного ядра флоры (наподобие одномоментного вымирания полностью эндемичной нелетающей орнитофауны Маврикия при занесении на его территорию крыс и кошек).

Динамика угасания аборигенных флор. Главными факторами современного угасания аборигенных флор выступает сведение первичных лесов и замещение аборигенных эндемичных видов агрессивными пантропическими сорняками. И то, и другое ведет к необратимой утрате биологического разнообразия. Курьёзно, что при разрушении уникальных аборигенных флор чужеродными растениями число видов во флоре может заметно увеличиваться в то время, когда её специфика стремительно сокращается.

Сложная вертикальная структура. Вертикальная структура первичного тропического леса включает обычно 3–4 высоко сомкнутых древесно-кустарниковых яруса, верхний из которых достигает высоты 35–45 м. В условиях нетронутого леса кроны деревьев первого, второго, а часто и 3 яруса недоступны для наблюдения из-за сомкнутости нижних ярусов.

Сложная структура жизненных форм. Доминирующими жизненными формами первичного тропического леса являются деревья первых ярусов 10–45 м высоты, деревья-эмергенты, достигающие 45–55 м, крупные древесные лианы и эпифиты. На их долю приходится 60–70% видов, составляющих сообщество. В нетронutom лесу все они недоступны для сбора обычными методами, а нестандартные способы сбора образцов являются очень трудозатратными.

Возрастная структура. Деревья первого яруса первичного тропического леса, составляющие костяк сообщества, обычно достигают возраста 1000–3000, а иногда и более лет. При сведении таких лесов их восстановление в исторически обозримый период невозможно даже при сохранении самых благоприятных условий. Деграция таких лесов связана с вымиранием огромного числа видов, неразрывно связанных с ними экологически.

Организация полевых работ по сбору гербария. Основой полевых работ по исследованию труднодоступных удаленных районов остаются пешие экспедиции. Их проведение, однако, ограничено по времени (обычно не более 6–7 дней), высокими трудозатратами и ограниченностью в сборе и транспортировке собранных коллекций. Наиболее рациональным является сбор гербария вдоль дорог и троп с временными полевыми лагерями. Образцы ветвей высоких деревьев добываются с помощью разнообразных приспособлений и ухищрений. Гербарий обычно сохраняется в спирту и сушится позднее, в местах, где имеется электричество.

Вырубка и быстрая деграция леса во всех доступных местах. Доступность мест исследования определяется наличием дорог, которые прокладываются, как правило, для вырубки леса. Сбор гербария на свежих вырубках наиболее продуктивен, однако ботаники в такие места обычно не допускаются как крайне нежелательные свидетели такой деятельности. При этом деграция растительного сообщества после вырубки и последующего выжигания происходит очень быстро, когда в течение нескольких лет местность постепенно превращается в ботаническую пустыню.

Сушка гербария и его сохранность в национальных хранилищах. В полевых условиях и при транспортировке гербарий сохраняется в газетах, пропитанных спиртом (когда спирт дешев и не ограничен в продаже). Высушивание его проводится при наличии электричества в различных сушильных устройствах. После этого гербарий передается на хранение в гербарии государственных научных учреждений. При отсутствии надлежащих условий хранения образцы гербария во влажном жарком климате полностью разрушаются в течение 5–10 лет. Таким образом документация исследований фатально утрачивается. Вывоз дублетов за границу для помещения в иностранные гербарии ограничен трудностью, а очень часто невозможностью, получения соответствующих импортно/экспортных разрешений.

Роль международных соглашений и криминализация науки. Несовершенство международного и национального законодательства, а также тотальная коррумпированность в странах, еще сохраняющих массивы первичных лесов, ведет к их быстрому и полному вырубанию. В частности, вырубка лесов на огромных территориях легко обходит запретительные положения конвенции CITES, однако ставит ботаника, собравшего образец погибающего растения, вне закона. Провоз собранного образца (хотя бы единственного цветка) без пакета разрешительной документации через границу квалифицируется как еще одно серьезное правонарушение. Таким образом, положения CITES и зависимые положения IUCN не только не способствуют сохранению растений в необратимо разрушаемых местообитаниях, но и исключают легальное получение документированных знаний о наиболее редких вымирающих видах. Такая ситуация фактически составляет преступление против будущего и неизбежно ведет к формальной криминализации науки.

Кроме множества прочих особенностей и трудностей в изучении тропической природы главная проблема заключается в драматическом сокращении и даже полном исчезновении самого объекта исследований. В настоящее время человечество расписалось в физической невозможности даже частичного сохранения всех форм жизни, населявших совсем недавно нашу планету. В такой ситуации особое значение имеет сбор гербария и музейных экспонатов в местах, где еще сохраняются полноценные очаги жизни. В большинстве случаев это все, что мы можем сделать для сохранения знаний и документации биологического разнообразия. Очень часто, гербарный лист – это все, что мы имеем из документальных свидетельств былого разнообразия жизни. Стремительное угасание аборигенных флор на огромных территориях определяет сбор гербария бесчисленных вымирающих видов как главный приоритет современной биологии и образованного общества в целом. Завтра в буквальном смысле собрать образцы видов, вымирающих на огромных территориях, будет уже невозможно.



**От биоинформатики к созданию новых биопрепаратов против насекомых вредителей**

From bioinformatics to the creation of new biodrugs against pest insects

Антонец К.С.<sup>1,2</sup>, Шиков А.Е.<sup>1,2</sup>, Маловичко Ю.В.<sup>1,2</sup>, Нижников А.А.<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии,  
Санкт-Петербург, Россия;<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
*k.antonets@arriam.ru*

Современное сельское хозяйство оказывает существенное воздействие на окружающую среду. Для снижения негативных последствий такого воздействия в последнее время активно развиваются технологии для ведения максимально экологически чистого, так называемого, «органического» земледелия. Одним из применяемых подходов является использование биологических методов борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. Эти методы стали появляться еще в конце XIX – начале XX веков, благодаря открытию ряда бактерий – естественных патогенов организмов-вредителей. Одной из таких бактерий был *Bacillus thuringiensis*, патоген насекомых, открытый в начале XX века. Этот вид обладал рядом уникальных особенностей, а именно большой широтой спектра хозяев, и в то же время крайне высокой специфичностью действия (определенный штамм был способен поражать только ограниченную группу насекомых). Благодаря этому было создано значительное количество средств борьбы с насекомыми на основе отобранных природных изолятов данного вида. Современные методы геномики и биоинформатики позволили нам подтвердить, что используемая серотипическая классификация штаммов не отражает реальной эволюции *B. thuringiensis* и не может быть использована для точного определения свойств штаммов, в том числе для предсказания их специфичности в отношении различных видов насекомых (Shikov et al., 2021). Известно, что одним из ключевых компонентов, определяющих специфичность действия штаммов *B. thuringiensis*, являются белковые токсины Cry. Анализ эволюции кодирующих их генов позволил нам установить, что одним из ключевых механизмов генерации их разнообразия и приспособления к новым видам насекомых является рекомбинация. Также, разрабатываемые нами биоинформатические инструменты позволяют выявлять детерминанты хозяйственно-ценных свойств в геномах новых изолятов бактерий (Shikov et al., 2020). Таким образом, современные методы геномики позволяют детальнее изучать молекулярные механизмы патогенности *B. thuringiensis* и облегчают как определение свойств новых изолятов, так и создают возможности для направленного создания новых форм этих микроорганизмов с заданными свойствами.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №20-76-10044).*

**Литература:**

- Shikov A.E., Malovichko Yu.V., Lobov A.A., Belousova M.E., Nizhnikov A.A., Antonets K.S. 2021. The distribution of several genomic virulence determinants does not corroborate the established serotyping classification of *Bacillus thuringiensis*. *International Journal of Molecular Sciences* 22(5): e2244.
- Shikov A.E., Malovichko Yu.V., Skitchenko R.K., Nizhnikov A.A., Antonets K.S. 2020. No more tears: mining sequencing data for novel *Bt* Cry toxins with CryProcessor. *Toxins* 12(3): e204.

**Ретроградная сигнализация растений**

Retrograde signaling in plants

Войцеховская О.В.

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

*ovoitse@binran.ru*

Пластиды и митохондрии – важнейшие органеллы любой растительной клетки. Они обеспечивают клеточные процессы энергией. Большинство белков органелл кодируются в ядерном геноме, и синтезированные в цитоплазме белки транспортируются в органеллы и обеспечивают их биогенез и жизнедеятельность. Этот процесс носит название антероградной («прямой») регуляции функций органелл. Однако, митохондрии и пластиды выступают своеобразными сенсорами флуктуаций внешней среды, поскольку происходящие в них процессы зависят напрямую от внешних факторов. Поэтому, чтобы обеспечить реакции растений на изменения среды энергией, биогенез и функции пластид и митохондрий должны быть скоординированы с изменениями экспрессии множества ядерных генов. Процесс изменения экспрессии ядерных генов под воздействием сигналов, поступающих из органелл, называется ретроградной («обратно направленной») регуляцией. Ранее считалось, что поступающие из пластид и



митохондрий ретроградные сигналы контролируют только те гены, которые кодируют компоненты самих органелл, и таким образом «подсказывают» ядру, в каких кодируемых ядерными генами белках органеллы нуждаются в данный момент. Однако, многочисленные исследования показали, что ретроградные сигналы тесно интегрированы в клеточный сигналинг и регулируют также гены, не связанные напрямую с функциями органелл. Кроме того, митохондриальные и пластидные ретроградные сигналы взаимодействуют между собой и совместно регулируют некоторые гены, кодирующие критически важные для энергетического метаболизма клетки белки. Наконец, появляются доказательства тому, что сигналы от пластид и митохондрий могут распространяться между клетками и действовать неклочечноавтономно. Благодаря ретроградной сигнализации органеллы растительной клетки – пластиды и митохондрии – можно рассматривать как «мегацепторы», которые оказывают значительное влияние на восприятие растениями внешних условий среды. Мутанты с нарушенной ретроградной сигнализацией наглядно показывают важную роль органелл в получении растениями информации о внешних условиях.

### **Молекулярно-генетические методы в исследовании биологического разнообразия ксилотрофных грибов**

Molecular genetic techniques in the study of xylotrophic fungi biodiversity

Волобуев С.В.

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

*sergvolobuev@binran.ru*

Ксилотрофные макромицеты являются основной группой деревообитающих грибов, которые осуществляют биологическое разложение древесных остатков, обеспечивая круговорот питательных веществ (Boddy et al., 2008), и создают новые местообитания для других ксилобионтных организмов в лесных экосистемах (Stokland et al., 2012). Многочисленные исследования ксилотрофных грибов посвящены изучению взаимосвязей их биологического разнообразия с процессом разложения древесины (Мухин, 1993; van der Wal et al., 2015; Purahong et al., 2016; и др.), а также с влиянием факторов окружающей среды и различных режимов лесопользования (Бондарцева и др., 1992; Lonsdale et al., 2008; Junninen, Komonen, 2011; и др.).

Сообщества ксилотрофных грибов рассматриваются как уникальные модельные системы для исследований в области фундаментальной экологии сообществ (Abrego, 2021). Одним из основных преимуществ дереворазрушающих грибов как модельных систем является то, что они организованы как четко ограниченные в пространстве метасообщества. В то же время, существует возможность одновременного проведения наблюдений и экспериментов в большом количестве локальных сообществ (субстратные единицы, микроместообитания).

Большинство исследований биологического разнообразия и экологии ксилотрофных грибов до недавнего времени практически полностью были основаны на находках их плодовых тел (Мухин, 1993; Renvall, 1995; Nordén et al., 2004; и др.). Вместе с тем, методы изучения биоразнообразия грибов постоянно развиваются, начиная с того момента, как микология оформилась в самостоятельную научную дисциплину. От первоначального внимания к полевым макроскопическим наблюдениям и изучению клеточных структур с использованием световой микроскопии, микологи перешли к оценке ультраструктурных характеристик, что стало возможным благодаря электронной микроскопии, а в последние десятилетия – к анализу ДНК благодаря развитию молекулярно-генетических методов (Schmit, Lodge, 2005).

Первые молекулярные идентификационные исследования 1990-х годов позволили выявить целый ряд трудно культивируемых видов грибов, которые были неизвестны по плодовым телам и другим структурам. По мере развития технологий секвенирования ДНК в начале 2000-х годов – от секвенирования единичных образцов до параллельного секвенирования по методу Сэнгера – стало очевидно, что «невидимая» грибная биота превосходит разнообразие, наблюдаемое через плодовые тела и культивирование.

Методы секвенирования второго поколения были разработаны во второй половине 2000-х годов и положили начало анализу грибных сообществ с помощью высокопроизводительного секвенирования, что привело к «взрывному» развитию исследований по экологии грибов.

Платформы секвенирования третьего поколения работают на уровне отдельных молекул и обеспечивают гораздо большую длину прочтения, чем у предыдущих поколений. Хотя они существуют уже несколько лет, качество считывания только недавно улучшилось настолько, чтобы сделать их полезными для ДНК-меташтрихкодирования и анализа грибных сообществ (Nilsson et al., 2019).

В то же время, несмотря на последние усовершенствования в области молекулярной биологии, необходимо учитывать существенные методические ограничения. Идентификация грибов исключительно на основе анализа последовательностей ДНК может привести к ложной таксономической интерпретации и ошибочным экологическим выводам, включая недо- или переоценку представленности определенных групп грибов в исследованиях их биоразнообразия (George et al., 2019). Известно, что ДНК эндофитных грибов присутствует в мертвой древесине даже после многолетнего разложения, хотя обнаружение РНК этих грибов уже невозможно (Rajala et al., 2011). Это подчеркивает важность идентификации именно живого, т.е. метаболически активного, компонента грибного сообщества.

Решающее значение для полноценной и таксономически значимой интерпретации результатов метагеномных исследований имеет полнота эталонных последовательностей. В настоящее время для многих грибов, и прежде всего, для богатых видами родов, такие референсные последовательности отсутствуют: существуют данные о последовательностях для примерно 45000 видов грибов, большинство из которых включают ITS (Lücking et al., 2020). Это соответствует примерно 30% известных видов, но только 6%, если исходить из минимального прогнозируемого количества в 700000 видов грибов (Schmit, Mueller, 2007), и 1-2%, если исходить из оценки в 2,2-3,8 млн видов (Hawksworth, Lücking, 2018). Несомненно, устранение такого существенного пробела должно стать приоритетом микологического сообщества (Osmundson et al., 2013). Важную роль в этом играют курируемые базы данных, например, NCBI RefSeq (Targeted Loci) и CBS. Основной принцип, заложенный в этих базах, состоит в строгой аннотации каждой нуклеотидной последовательности, которая должна быть получена из ваучерного образца или коллекционного штамма, достоверно идентифицированного или верифицированного специалистом-микологом по комплексу таксономически значимых признаков.

Интегрированные методологические подходы, в том числе принцип «собирай и секвенируй» (Tuong et al., 2017), имеют решающее значение для накопления и лучшего понимания новых знаний о разнообразии ксилотрофных грибов, как с точки зрения фундаментальных, так и прикладных исследований.

#### Литература:

- Бондарцева М.А., Свищ Л.Г., Балтаева Г.М. 1992. Некоторые закономерности распространения трутовых дереворазрушающих грибов. *Микология и фитопатология* 26(6): 442–447.
- Мухин В.А. 1993. *Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины*. Екатеринбург: УИФ «Наука». 232 с.
- Abrego N. 2021. Wood-inhabiting fungal communities: opportunities for integration of empirical and theoretical community ecology. *Fungal Ecology*, <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2021.101112>
- Boddy L., Frankland J.C., van West P. 2008. *Ecology of saprotrophic Basidiomycetes*. Elsevier Academic Press, London, United Kingdom. 386 p.
- George P.B., Creer S., Griffiths R.I., Emmett B.A., Robinson D.A., Jones D.L. 2019. Primer and database choice affect fungal functional but not biological diversity findings in a national soil survey. *Front. Environ. Sci.* 7: 173.
- Hawksworth D.L., Lücking R. 2018. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. In: Heitman J., Howlett B.J., Crous P.W., Stukenbrock E.H., James T.Y., Gow N.A.R. (eds.) *The Fungal Kingdom*. ASM Press, Washington, DC, pp. 79–95.
- Junninen K., Komonen A. 2011. Conservation ecology of boreal polypores: a review. *Biol. Conserv.* 144: 11–20.
- Lonsdale D., Pautasso M., Holdenrieder O. 2008. Wood-decaying fungi in the forest: conservation needs and management options. *Eur. J. Forest. Res.* 127: 1–22.
- Lücking R., Aime M.C., Robbertse B., Miller A.N., Ariyawansa H.A., Aoki T., Cardinali G., Crous P.W., Druzhinina I.S., Geiser D.M., Hawksworth D.L., Hyde K.D., Irinyi L., Jeewon R., Johnston P.R., Kirk P.M., Malosso E., May T.W., Meyer W., Öpik M., Robert V., Stadler M., Thines M., Vu D., Yurkov A.M., Zhang N., Schoch C.L. 2020. Unambiguous identification of fungi: where do we stand and how accurate and precise is fungal DNA barcoding? *IMA Fungus* 11: 14.
- Nilsson R.H., Anslan S., Bahram M., Wurzbacher C., Baldrian P., Tedersoo L. 2019. Mycobiome diversity: high-throughput sequencing and identification of fungi. *Nature Reviews Microbiology* 17: 95–109.
- Nordén B., Götmark F., Tönnerberg M., Ryberg M. 2004. Dead wood in semi-natural temperate broadleaved woodland: contribution of coarse and fine dead wood, attached dead wood and stumps. *Forest Ecology and Management* 194(1): 235–248.
- Osmundson T.W., Vincent R.A., Schoch C.L., Baker L.J., Smith A., Robich G., Mizzan L., Garbelotto M.M. 2013. Filling gaps in biodiversity knowledge for macrofungi: contributions and assessment of an herbarium collection DNA barcode sequencing project. *PLoS One* 8(4): e62419.

- Purahong W., Arnstadt T., Kahl T., Bauhus J., Kellner H., Hofrichter M., Krüger D., Buscot F., Hoppe B. 2016. Are correlations between deadwood fungal community structure, wood physico-chemical properties and lignin-modifying enzymes stable across different geographical regions? *Fungal Ecol.* 22: 98–105.
- Rajala T., Peltoniemi M., Hantula J., Mäkipää R., Pennanen T. 2011. RNA reveals a succession of active fungi during the decay of Norway spruce logs. *Fungal Ecol.* 4: 437–448.
- Renvall P. 1995. Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia* 35(1): 1–51.
- Schmit J.P., Lodge D.J. 2005. Classical methods and modern analysis for studying fungal diversity. In: *The Fungal Community* (ed. J. Dighton). Boca Raton, FL: Marcel Dekker, Inc. Pp. 193–214.
- Schmit J.P., Mueller G.M. 2007. An estimate of the lower limit of global fungal diversity. *Biodiversity and Conservation* 16: 99–111.
- Stokland J.N., Siitonen J., Jonsson B.G. 2012. *Biodiversity in dead wood*. New York: Cambridge University Press. 521 p.
- Truong C., Mujic A.B., Healy R., Kuhar F., Furci G., Torres D., Niskanen T., Sandoval-Leiva P.A., Fernandez N., Escobar J.M., Moretto A., Palfner G., Pfister D., Nouhra E., Swenie R., Sanchez-Garcia M., Matheny P.B., Smith M.E. 2017. How to know the fungi: combining field inventories and DNA-barcoding to document fungal diversity. *New Phytol.* 214: 913–919.
- van der Wal A., Ottosson E., de Boer W. 2015. Neglected role of fungal community composition in explaining variation in wood decay rates. *Ecology*, 96: 124–133.

### Постаноксия у растений: основные повреждения и механизмы защиты

Post-anoxia in plants: basic damages and adaptation mechanisms

Емельянов В.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*bootika@mail.ru*

Одним из неблагоприятных факторов, влияющих на растения, является кислородная недостаточность, которая часто развивается вследствие избыточного увлажнения и затопления (Чиркова, 1998). От неё нередко страдают как природные фитоценозы, так и посадки культурных растений. Дефицит кислорода - второй после засухи абиотический стрессор, вызывающий существенные потери урожая (Chirkova, Yemelyanov, 2018). Согласно Всемирной продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), среднемировые потери урожая от гипо- и аноксии составляют от 10 до 50% в год. В естественной среде обитания вслед за периодом кислородной недостаточности обычно следует возвращение аэробных условий, и растения оказываются в несколько иных стрессирующих условиях – условиях postanоксии. Восстановленные анаэробные метаболиты и почвенные токсины окисляются кислородом воздуха, что приводит к генерации активных форм кислорода и развитию postanоксического окислительного стресса, который может способствовать гибели растения даже в том случае, если оно пережило условия аноксии. Развиваются фотоокислительные процессы, повреждающие фотосинтетический аппарат. Под действием аноксии и последующего окисления нарушаются гидрофобные покровы побегов, что приводит к потере влаги и усиливает риск атаки патогенов и фитофагов. Основные механизмы адаптации к postanоксии заключаются в эффективном функционировании антиоксидантных систем, активации альтернативной оксидазы и детоксикации анаэробных метаболитов. Растения, устойчивые к дефициту кислорода, также способны противостоять postanоксии, причём адаптации к этому возникают у них заблаговременно, на уровне преадаптивного ответа. В обеспечении регуляции адаптации к postanоксическим условиям большую роль играют этилен-зависимые транскрипционные факторы ERF-VII, которые участвуют и в регуляции приспособления непосредственно к кислородной недостаточности, а также такие фитогормоны, как жасмоновая и абсцизовая кислоты. Постаноксию не следует рассматривать как отдельный стрессорный фактор, так как она представляет собой комплексное воздействие последствий аноксии, окислительного повреждения и иссушения (Шиков и др., 2020).

*Исследование поддержано РНФ (проект № 22-24-00484).*

### Литература:

- Чиркова Т.В. 1998. Растение и анаэобиоз. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология* 2: 41–52.

Chirkova T., Yemelyanov V. 2018. The study of plant adaptation to oxygen deficiency in Saint Petersburg University. *Biological Communications* 63(1): 17–31.

Шиков А.Е., Чиркова Т.В., Емельянов В.В. 2020. Постаноксия у растений: причины, последствия и возможные механизмы. *Физиология растений* 67(1): 50–66.

### **Функциональное многообразие и роль PII сигнальных белков в эволюции фотосинтезирующих организмов: от цианобактерий до архепластид**

Functional diversity and the role of PII signaling proteins in evolution of photosynthetic organisms: from cyanobacteria to Archaeplastida

Ермилова Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*e.ermilova@spbu.ru*

Исследования систем передачи сигналов у различных организмов выявили разнообразие компонентов, которые формируют регуляторные сети. Несмотря на разнообразие и сложность этих систем, некоторые белки – процессоры сигналов – оказались консервативными в процессе эволюции и функционируют не только у прокариот (бактерий и архей), но и у эукариот. Примером таких сигнальных процессоров являются белки из семейства PII. Среди эукариот PII выявлены только у представителей Archaeplastida.

Канонические белки PII оценивают энергетическое состояние клеток посредством конкурентного связывания АТФ и АДФ и определяют баланс углерода и азота посредством связывания 2-оксоглутарата. Предок Archaeplastida унаследовал сигнальный белок PII от древнего цианобактериального эндосимбионта. Нами впервые охарактеризованы PII-белки у представителей Chloroplastida и впервые установлено, что в процессе эволюции белки PII растений приобретали способность связывать глутамин через C-терминальное расширение – Q-петлю. По нашим данным у представителей Chlorophyta ключевым ферментом в контроле биосинтеза аргинина является N-ацетил-L-глутаматкиназа (NAGK), которая, у цианобактерий и высших растений, регулируется сигнальным белком из семейства PII.

Экспериментально доказано, что PII-белки зеленых и красных водорослей формируют тримеры и структурно сходны с бактериальными гомологами. Впервые показано, что PII-зависимая сигнальная система красных водорослей по своей организации занимает промежуточное эволюционное положение между PII-системами цианобактерий и Chlorophyta.

В ходе проведенных исследований установлено, что наиболее консервативной мишенью PII белков в процессе эволюции от цианобактерий до Archaeplastida оказался контролирующий биосинтез аргинина фермент, N-ацетил-L-глутаматкиназа. Сравнительный анализ структуры и сенсорных свойств PII у цианобактерий, красных и зеленых водорослей, а также высших растений указывает на эволюционную пластичность PII-сигнальных систем.

### **Гербарные базы данных как инструмент для изучения изменения числа местонахождений сосудистых растений со временем**

Herbarium databases as a tool to study how the number of records of vascular plants changes through time

Ефимов П.Г.

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

*efimov@binran.ru*

Любой специалист, много работающий с гербарными коллекциями в ходе исследований систематики какой-либо группы, либо флоры определенной территории, знаком с ситуацией, когда находки по какому-либо виду распределяются во времени неравномерно, свидетельствуя об изменении числа местонахождений в сторону их увеличения или уменьшения. Для Европы широко известными и наглядными примерами сокращающихся видов являются специализированные сорные растения, адаптированные к вышедшим из употребления методам ведения сельского хозяйства, такие как *Lolium temulentum* или *Agrostemma githago*. Не менее широко известен регресс узкоспециализированных степных видов в силу сокращения площади их местообитаний. Свидетельства сокращения числа местонахождений охраняемых видов наглядно показаны на картах в «Красных книгах», где перевес старых местонахождений над новыми показан за счет использования разных типов значков для старых и новых



точек. Напротив, рост числа местонахождений характерен для многих чужеродных видов. Перечисленными примерами не ограничивается список сосудистых растений, изменяющих свою численность: на примере Великобритании (Braithwaite et al., 2006) показано, что флора очень мобильна и большинство аборигенных видов, в особенности в условиях равнинных экосистем, изменяют число местонахождений уже за 1-2 десятилетия настолько, что это можно оценивать математическими методами.

В связи с тем, что из России по некоторым видам к настоящему времени накоплены большие объемы гербарных сборов (по две тысячи и даже более), такой материал вполне можно подвергать численному анализу с использованием методов математической статистики. Перспективы такого анализа достаточно велики, т.к. относительно небольшое изменение числа местонахождений (такое как наполовину или на четверть) является значимым изменением, вполне доступным для выявления математическими методами, в то время как для визуальной оценки оно остается незамеченным, если растянуто во времени на долгий срок, например, на 50-100 лет.

Массив данных, который может быть использован для анализа изменения числа местонахождений вида с течением времени, должен представлять собой геопривязанные списки местонахождений видов на основе гербарных коллекций и других доступных данных. Чем полнее данные, тем более точные оценки можно получить. Имеется три основных аспекта, которые надо учитывать при численном анализе изменения числа местонахождений. Во-первых, в связи с тем, что нельзя сравнивать данные современных маршрутных учетов, при которых виды могут регистрироваться через каждые несколько десятков метров с указанием точных координат, с текстами старых гербарных этикеток с расплывчатыми указаниями мест сбора, необходимо стандартизировать понятие «местонахождение», используемое для анализа. Для этой цели как нельзя лучше подходит аппарат сеточного картирования, позволяющий осуществить огрубление исходных данных с требуемым шагом. Таким образом, сравниваться будет не число местонахождений, а числа сеточных ячеек с местонахождениями видов. Второй аспект состоит в том, что не только число местонахождений видов изменяется с течением времени, но и интенсивность флористических исследований в различные периоды также отличается в разы. Интенсивность исследований коррелирует с социальной обстановкой в стране (например, наблюдается резкий спад интенсивности работ в периоды первой и второй мировых войн), с периодами интенсивной работы конкретных исследовательских групп (что особенно актуально при анализе видов на небольших территориях), с введением в обиход новых методов фиксации местонахождений (например, в национальных базах данных по биоразнообразию или на цифровых платформах) и другими причинами. Из-за этого нельзя считать корректными результаты, получаемые прямым сопоставлением чисел точек, зарегистрированных в разные промежутки времени – тут тоже требуется стандартизация (Rich, 2006). Данное препятствие можно преодолеть вычислением специальных коэффициентов, характеризующих интенсивность исследований для сравниваемых периодов. Здесь можно исходить из числа сборов по конкретному виду, про который можно обоснованно предположить, что его число местонахождений стабильно с течением времени, или, если исследуется крупная группа, то можно исходить из общего числа накопленных по ней в разные периоды гербарных сборов. Наилучшим способом будет использовать независимо различные методы стандартизации интенсивности исследований, и сравнивать получающиеся результаты. Наконец, третий аспект состоит в выборе правильного математического инструментария для анализа. Так, напрашивающиеся в данном случае регрессионные модели имеют существенные ограничения для использования, т.к., во-первых, для них часто недостаточно первичных данных: статистическая значимость результата зависит от числа точек на графике, требуя увеличения дробности анализируемых интервалов, но тогда начинает падать репрезентативность данных, которых недостаточно для коротких интервалов времени. Во-вторых, для корректного использования регрессионной модели необходимо иметь представление о форме зависимости числа местонахождений от времени, которая, как показывает опыт, не всегда является линейной. Зато в данном случае возможно осуществление множественных попарных сравнений чисел ячеек, занимаемых видом, методом хи-квадрат Пирсона для попарных сравнений. В настоящем сообщении я и остановлюсь на приложении именно этого, сравнительно простого метода для изучения изменения числа местонахождений сосудистых растений во времени.

В рассматриваемом случае критерий хи-квадрат Пирсона предполагает сравнение наблюдаемых частот (чисел сеточных ячеек) с ожидаемыми, рассчитываемыми исходя из предположения о том, что динамики нет. Ожидаемые числа сеточных ячеек рассчитываются с учетом интенсивности исследований сравниваемых временных интервалов. Например, если известно, что в первый из сравниваемых интервалов времени интенсивность исследований была в 7 раз выше, чем во второй, то соотношение наблюдаемых чисел сеточных ячеек в эти периоды, равное 7:1, будет свидетельствовать об отсутствии динамики вида. При наличии расхождения с этим соотношением, критерий хи-квадрат показывает статистическую значимость того, что отличие не случайно. Для того, чтобы считать динамику

подтвержденной, по-видимому, можно исходить из стандартного уровня значимости от 90%, но в реальности во многих случаях имеет место подтверждение динамики на уровне значимости 99% и более.

Безусловно, указанный метод не свободен от недостатков. Основным из них является то, что из-за недостатка данных на коротких отрезках времени приходится оперировать при сравнении протяженными периодами времени (от 20 лет, а при рутинных сравнениях – 50 лет и более), во время которых динамика может быть неоднородна. Препятствует корректному выявлению динамики и то, что в большинстве случаев невозможно сравнивать удаленные во времени интервалы, что делает результат в целом менее показательным. В какой-то степени можно попытаться преодолеть эти проблемы, подключая к анализу дополнительные данные из необследованных ранее гербарных коллекций, но здесь можно достаточно быстро достичь предела, включив в анализ все имеющиеся исторические данные. Можно попытаться преодолеть проблему недостатка данных и за счет увеличения изучаемой территории, однако здесь проблемой становится возможность различной динамики одного и того же вида в различных частях его ареала. На противоположных границах ареала логично ожидать даже разнонаправленной динамики, если имеет место смещение ареала в какую-либо сторону как реакция на климатические изменения, например, на глобальное потепление. Таким образом, желательно, чтобы изучаемая территория включала по возможности однородную часть ареала вида. Затем, в силу специфики исходных данных возможно выявление ложноположительной или ложноотрицательной динамики для видов, имеющих ярко выраженное неравномерное распространение по территории. Примером может быть ложноположительная динамика видов, произрастающих в удаленных районах, приходящаяся на периоды экспедиционных исследований, когда флора этих районов исследовалась наиболее детально, или ложноположительная динамика видов верховых болот в период активизации болотоведческих исследований. Всякий случай выявления динамики видов заслуживает отдельного рассмотрения.

Следует также отметить, что данный способ разрабатывался для слабоизученных территорий, таких как Россия, где реальное распространение вида в разы превосходит число ячеек, в которых вид регистрировался. Более высокая степень изученности является нежелательной из-за того, что при высокой повторности регистрации вида в одних и тех же ячейках число этих ячеек перестает быть показателем динамики вида, а также требует корректировки способ стандартизации интенсивности исследований.

Большой интерес представляет независимое изучение динамики видов в различных частях их ареалов. Здесь логично оперировать данными по крупным группам регионов (по мелким обычно недостаточно данных). Такие крупные выделы, как центр Европейской части, Восточная Сибирь, Дальний Восток, Кавказ и т.д. являются наиболее очевидными территориями для независимого анализа динамики в пределах России. Для изучения отличий динамики видов в различные периоды времени можно рекомендовать два подхода, каждый из которых имеет свои ограничения – использовать более дробные временные интервалы (если данных для этого достаточно), либо всякий раз анализировать весь массив данных, разделяя его по различной дате с шагом в 10-20 лет. Безусловно, при последнем подходе результатом будет не динамика на выбранную дату, а сопоставление усредненных тенденций, имевшихся до и после нее.

Мы сейчас опробуем описанную процедуру анализа динамики числа местонахождений на массиве данных по орхидным России. Объем анализируемого материала составляет 73 608 записей на основе 59 гербарных коллекций России. Уже можно утверждать, что данный метод позволяет выявлять сокращающиеся виды и виды с растущим числом местонахождений (прогрессирующие), а также виды, динамика числа местонахождений которых непостоянна во времени.

Основным препятствием для описанного исследования на настоящий момент является трудоемкая подготовка исходного массива данных. Однако можно надеяться, что с течением времени, по мере появления результатов оцифровки гербарных коллекций России с геопривязками в открытом доступе, подобные анализы станет проводить легче, и мы сможем существенно углубить представления о динамике флоры нашей страны.

*Исследования динамики числа местонахождений поддержаны грантом РФФИ 20-04-00561.*

#### **Литература:**

- Braithwaite M.E., Ellis R.W., Preston C.D. 2006. *Change in the British Flora 1987–2004*. London: BSBI. 382 p.
- Rich T. 2006. Floristic changes in vascular plants in the British Isles: Geographical and temporal variation in botanical activity 1836–1988. *Bot. J. Linn. Soc.* 152(3): 303–330.



**Углеродный баланс наземных экосистем России и проекты по усилению стока углерода**

Carbon balance of terrestrial ecosystems of Russia and projects to increase carbon sequestration

Замолодчиков Д.Г.

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия;

Высшая школа экономики, Москва, Россия

dzamolod@mail.ru

Величина стока углерода в природные экосистемы суши на территории России остается объектом пристального внимания отечественных и зарубежных исследователей. Оценки отечественных исследователей в основном относятся к лесной территории, что определяется, с одной стороны, преобладанием этого типа растительного покрова на территории России, с другой, прямой возможностью использования поглощения углерода лесами для выполнения обязательств по международным климатическим соглашениям. Согласно оценкам, полученным на основе системы РОБУЛ, сток углерода в леса России в 2015 г. составлял  $206.1 \pm 589$  Мт С год<sup>-1</sup>, причем отмечается уменьшение стока на 33 млн. т С год<sup>-1</sup> в сравнении с максимальной величиной, имевшей место в 2008 г. (Замолодчиков и др., 2017, 2018). Это сокращение стока углерода на 44.5% было обусловлено увеличением потерь при рубках, на 21.5% – от лесных пожаров, на 34.5% – снижением поглощения. В ряде публикаций коллектива ВНИИЛМ отмечается, что сток углерода в леса России составляет 480-540 Мт С год<sup>-1</sup>, причем присутствует тенденция к устойчивому росту стока углерода с 2009 по 2016 г. (Филипчук и др., 2017, 2020). Указанные расхождения стали основанием для широкой дискуссии экспертного сообщества, в том числе по вопросам выбора методики для национального кадастра парниковых газов. При этом следует учитывать, данные национального кадастра сфокусированы только на антропогенных потоках и не должны включать естественное поглощение неуправляемых экосистем (Романовская и др., 2018).

Предпринимаются усилия по адаптации новых источников информации к оценке углеродного баланса лесов России. В частности, таким источником информации является данные Государственной инвентаризации лесов (ГИЛ), первый цикл которой проходил на территории России с 2007 по 2020 г. В работе (Shcherashchenko et al., 2021), среди прочих источников информации использующей данные ГИЛ, сток углерода в биомассу лесов России оценивается в 354 Мт С год<sup>-1</sup> для периода 1988-2014 г. Указанная величина получена расчетом по разности запасов между 2014 г. (данные ГИЛ) и 1988 г. (данные государственного учета лесного фонда), что, как отмечают сами авторы, может стать серьезным источником систематической ошибки. Новая система, интегрирующая ряд спутниковых продуктов (включая, например, данные по нарушениям согласно Global Forest Watch) для лесов России дала оценку чистого стока углерода около 500 Мт С год<sup>-1</sup> (Harris et al., 2021).

Модельная оценка, полученная на основе ансамбля глобальных моделей динамики растительности (DGVM – Dynamic Global Vegetation Models), для территории России дала величину стока 199 Мт С год<sup>-1</sup> (Sitch et al., 2015). Метод инверсионного моделирования, связанный с расчетом потоков диоксида углерода по измеряемым концентрациям этого газа в атмосфере, можно считать способом прямого определения углеродного баланса территории. Долгое время развитие этого метода по отношению к территории России сдерживалось малым числом точек измерений газов концентраций. Ситуация изменилась в последнее десятилетие, с запуском NASA сначала спутника GOSAT (Greenhouse Gases Observing Satellite), а затем OCO-2 (Orbiting Carbon Observatory). Инверсионные расчеты, проведенные на глобальном уровне по данным указанных спутников (Wang et al., 2019), для региона «Бореальная Евразия» дали значения стока углерода в экосистемы суши 156 (OVO-2) и 224 (GOSAT) Мт С год<sup>-1</sup>.

Таким образом, современные оценки стока углерода как для площади лесов, так и всех наземных экосистем России концентрируются в области двух значений: 200 и 500 млн. т С год<sup>-1</sup>. Впрочем, эти величины часто встречаются и среди более ранних оценок (смотри обзорную работу Кудеяров, 2018). Упомянутая выше дискуссия о роли природных экосистем суши положила начало ряду новых исследовательских инициатив в отношении углеродного баланса наземных экосистем России. В частности, такова программа создания карбоновых полигонов, развиваемая в системе Министерства образования и науки. В этой связи можно ожидать появление значительного массива обновленной информации по балансу парниковых газов в наземных экосистемах России для разных пространственных уровней.

Рассмотрим несколько работ, характеризующих изменения компонентов углеродного баланса на территории крупных регионов России. Исследование влияния изменений климата на углеродные параметры растительного покрова Сибири (площадь около 12 млн. км<sup>2</sup>), выполненное с использованием модели LPJ-GUESS (Arnet et al., 2016), показало увеличение общих запасов углерода с  $305 \pm 1.1$  Гт С (1981-2000) до  $320 \pm 1.1$  Гт С (2031-2050) и  $340 \pm 1.1$  Гт С (2081-2100), что соответствует среднегодовому стоку углерода 350 Мт С год<sup>-1</sup>. При этом подавляющая часть увеличения запаса углерода относится к фитомассе

(с  $45 \pm 1.1$  до  $77 \pm 2.8$  Гт С) за счет появления древесного покрова на ранее безлесных территориях, в то время как пулы мертвого органического в этом прогнозе почти стабильны.

При оценке углеродного баланса степей России был использован набор экспериментально-полевых оценок локального уровня с последующим распространением на площадь степного биома (34–50 млн га). С учётом сформированных на месте залежей вторичных степных экосистем величина общего стока диоксида углерода в степной зоне России была оценена в 92–121 Мт С в год.

За последние 3 года у крупного бизнеса России сформировался значительный интерес к осуществлению природно-климатических проектов. Основой этого интереса является возможность получения углеродных единиц для компенсации своего климатического следа. Некоторые компании уже начали проектную деятельность. В частности, РУСАЛ в 2019 г. запустил проект «Под зеленым крылом», который предусматривает проведение лесовосстановительных мероприятий на территориях, пострадавших от лесных пожаров (<https://rusal.ru/sustainability/environmental-protection/green-million/>). В рамках проекта были высажены по 500 тысяч саженцев в Красноярском крае и Иркутской области. Однако модельное исследование углеродных эффектов этого проекта показало, что уровень выбросов в нем больше, а уровень поглощения – меньше по сравнению с базовой линией, представленной естественным лесовозобновлением. Столь разочаровывающий итог связан с игнорированием принципов разработки лесоклиматических проектов, а именно, дополнительности, постоянства и контроля утечек. С учетом этих принципов можно выделить три группы перспективных лесоклиматических проектов в Российской Федерации: 1) сохранение лесов и профилактика от лесных пожаров; 2) интенсивное использование и воспроизводство лесов; 3) защитное лесоразведение и облесение безлесных земель, в частности, заброшенных земель сельскохозяйственного назначения (Птичников и др., 2021).

*Работа поддержана РФФ (№ 19-77-30015).*

#### Литература:

- Замолотчиков Д.Г., Грабовский В.И., Шуляк П.П., Честных О.В. 2017. Современное сокращение стока углерода в леса России. *Доклады Академии наук* 476 (6): 719–721.
- Замолотчиков Д.Г., Грабовский В.И., Честных О.В. 2018. Динамика баланса углерода в лесах федеральных округов Российской Федерации. *Вопросы лесной науки* 1 (1): 1–24.
- Коротков В.Н., Шанин В.Н., Фролов П.В. 2021. Всегда ли искусственное лесовосстановление может быть лесоклиматическим проектом? *Математическое моделирование в экологии. Материалы Седьмой Национальной научной конференции с международным участием, 9–12 ноября 2021 г.* Пущино, ФИЦ ПНЦБИ РАН. С 57–58.
- Кудеяров В.Н. 2018. Дыхание почв и биогенный сток углекислого газа на территории Носсии (аналитический обзор). *Почвоведение* (6): 643–658.
- Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Жиенгалиев А.Т., Кудеяров В.Н. 2019. Углеродный бюджет степных экосистем России. *Доклады Академии наук* 485 (6): 732–735.
- Птичников А.В., Шварц Е.А., Кузнецова Д.А. 2021. О потенциале поглощения парниковых газов лесами России для снижения углеродного следа экспорта отечественной продукции. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле* 499 (2): 181–184.
- Романовская А.А., Трунов А.А., Коротков В.Н., Карабань Р.Т. 2018. Проблема учета поглощающей способности лесов России в Парижском соглашении. *Лесоведение* (5): 323–334.
- Филипчук А.Н., Моисеев Б.Н., Малышева Н.В. 2017. Новые аспекты оценки поглощения парниковых газов лесами России в контексте парижского соглашения об изменении климата. *Лесохозяйственная информация* (1): 88–98.
- Филипчук А.Н., Малышева Н.В., Золина Т.А., Югов А.Н. 2020. Бореальные леса России: возможности для смягчения изменения климата. *Лесохозяйственная информация* (1): 92–114.
- Arneth A., Makkone R., Olin S. et al. 2016. Future vegetation-climate interactions in Eastern Siberia: an assessment of the competing effects of CO<sub>2</sub> and secondary organic aerosols. *Atmos. Chem. Phys.* 16: 5243–5262.
- Harris N.L., Gibbs D.A., Baccini A. et al. 2021. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nat. Clim. Chang.* 11: 234–240.
- Shchepashchenko D., Moltchanova E., Fedorov S. et al. 2021. Russian forest sequesters substantially more carbon than previously reported. *Scientific Reports* 11 (1): e12825.
- Sitch S., Friedlingstein P., Gruber N. et al. 2015. Recent trends and drivers of regional sources and sinks of carbon dioxide. *Biogeosciences*. 12:653–679.
- Wang H., Jiang F., Wang J., Ju W., Chen J. M. 2019. Terrestrial ecosystem carbon flux estimated using GOSAT and OCO-2 XCO<sub>2</sub> retrievals. *Atmos. Chem. Phys.* 19: 12067–12082.

**Транспорт ауксина в развитии корневой системы высших растений**

Auxin transport in root system development of higher plants

Ильина Е.Л., Кирюшкин А.С., Гусева Е.Д., Пучкова В.А., Марченко О.В., Демченко К.Н.

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

*eilina@binran.ru*

Фитогормон ауксин играет ключевую роль во многих морфогенетических процессах у высших растений, в частности регулирует все этапы ветвления корневой системы от инициации бокового корня до его выхода на поверхность родительского корня [Overvoorde et al., 2010. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology. 2]. Ауксин действует путём образования локальных максимумов и градиентов концентрации, что формирует позиционную информацию, необходимую для закладки и роста боковых корней. Локальные максимумы ауксина формируются за счёт направленного транспорта, характерного для ауксина, который по биохимической природе является слабой кислотой (индоллил-уксусная кислота), способной также перемещаться путём диффузии. В направленном транспорте ауксина активное участие принимают белки-транспортёры с разными функциями. Так, белки AUX и LAX осуществляют транспорт ауксина в клетку [Jiang et al., 2017. Hormone metabolism and signaling in plants: 39-76], а белки семейств PIN, PGP, MDR, ABCB отвечают за экспорт ауксина [Zazimalová et al., 2010. Cold Spring Harbor perspectives in biology. 2: 1-14]. Однако, доминирующим переносчиком, обеспечивающим отток ауксина из клетки, являются белки семейства PIN [Grunewald, Friml, 2010. The EMBO journal. 29: 2700-2714]. Именно за счёт асимметричного распределения белков PIN на мембранах клеток и возможности их перераспределения формируется направленный ток ауксина, определяющий формирование новых органов.

В литературе подробно описано распределение белков семейства PIN на различных стадиях развития бокового корня у модельного объекта биологии развития растений *Arabidopsis thaliana*, у которого инициация бокового корня происходит выше зоны растяжения [Omelyanchuk et al., 2016. BMC Plant Biology. 16: 5]. Однако, существует группа филогенетически неродственных растений, включающая семейства Cucurbitaceae, Polygonaceae, Agaceae и т.д., у которых инициация бокового корня происходит в пределах апикальной меристемы бокового корня. Для растений из этой группы механизмы образования бокового корня и роль ауксина в данном процессе мало изучены, однако, для представителей семейства Тыквенные (огурца и кабачка) было показано участие ауксина на всех этапах инициации и развития бокового корня [Piña et al., 2018. Ann. Bot. 122: 873–888]. При этом осталось неясным, каким образом формируются локальные максимумы ответа на ауксин в отдельных клетках перицикла в апикальной меристеме родительского корня. Для ответа на этот вопрос проведен анализ пространственного распределения белков семейства PIN. Акцент был сделан на распределении белков группы CsPIN1a, которая у огурца представлена белками CsPIN1a, CsPIN1b, CsSoPIN1. Домены тканевой локализации CsPIN1b и CsSoPIN1 в апикальной меристеме родительского корня огурца отличались, что указывает на их разный вклад в создание максимумов ауксина, необходимых для инициации бокового корня.

В докладе обсуждаются виды транспорта ауксина, его участники, разнообразие белков семейства PIN и особенности их структуры. Особое внимание уделяется роли белков PIN в создании локальных максимумов ауксина, необходимых для инициации и развития бокового корня, а также сравнивается распределение белков-транспортёров ауксина у растений, отличающихся по месту инициации бокового корня.

*Экспериментальные исследования поддержаны грантом РФФИ 20-016-00233-а.*

**Современные подходы к оценке видового разнообразия макромицетов**

Current approaches to assessing macromycetes species diversity

Калинина Л.Б.

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

*lkalinina@binran.ru*

Любое содержательное исследование биоразнообразия должно включать его количественное измерение. Было предложено множество индексов (точечных оценок), являющихся мерой различных аспектов биологического разнообразия (Daly et al., 2018). Очевидно, что индексы не эквиваленты самому разнообразию. Наиболее наглядный пример – радиус сферы можно использовать как индекс её объёма, но обе эти величины являются разными (Jost, 2006). Классическими и наиболее часто применяющимися считаются два индекса – индекс Шэннона (количественная мера неопределенности процесса отбора,

измеряется в битах информации) и индекс Симпсона (вероятность того, что две случайно выбранные из сообщества особи окажутся представителями одного и того же вида). Сравнение значений этих индексов между собой является бессмысленным, поскольку у них разные единицы измерения. Более того, попытка сравнить значения одного и того же индекса для разных сообществ будет весьма малоинформативна.

Поскольку для расчёта обоих индексов используются относительные обилия видов, была предложена следующая методика для лучшего их истолкования. В реально существующих сообществах относительные обилия видов всегда отличаются друг от друга. Рассчитав значение индекса для реального сообщества с разными относительными обилиями, нужно отыскать идеально выравненное сообщество (т.е. такое, в котором относительные обилия всех видов будут равны) с таким же значением индекса разнообразия, что позволит легко рассчитать число эффективных (действительных, идеальных) видов.

Относительно недавно (Ellison, 2010) экологи остановились на числах Хилла (Hill, 1973) как наиболее подходящем показателе для расчета и сравнения разнообразия. Им была предложена универсальная формула расчёта эффективных видов в сообществе, зависящая только от относительных обилий и порядка разнообразия  $q$ .

Вместо традиционных точечных оценок (значений тех или иных индексов) предложено сравнивать профили разнообразия, представляющие собой функцию разнообразия (т.е. количества эффективных видов) от порядка разнообразия  $q$ . Профиль разнообразия всегда уменьшающийся и непрерывный, при  $q = 0$  разнообразие равно наблюдаемому видовому богатству, по мере роста  $q$  (движении от редких к распространенным и очень распространенным видам) разнообразие снижается. Считается, что при  $q = 1$  вклад видов в разнообразие учитывается в точности с их настоящим (наблюдаемым) обилием.

Для получения достоверных результатов исходные данные должны быть собраны максимально подходящим для тех или иных организмов способом. В случае, когда количество особей невозможно посчитать (микроорганизмы, клональные колонии некоторых древесных растений, грибы и грибообразные протисты), необходимо закладывать стандартизированные пробные площади и учитывать отсутствие или наличие того или иного организма на каждой из площадок (Foissner et al., 2002).

Для макромицетов рекомендуется закладывать круговые площадки малой площади (5–10 м<sup>2</sup>) так, чтобы их общая площадь в каждом из исследуемых сообществ составляла от 500 до 1000 м<sup>2</sup> (Lodge et al., 2004). Сбор материала следует проводить еженедельно в периоды пикового плодоношения, лучше в течение нескольких лет. По итогу определения собранных образцов необходимо сформировать матрицы присутствия–отсутствия видов, где в строках указаны виды, а в столбцах – обследованные пробные площади. На основании полученных матриц необходимо оценить полноту выборки, при необходимости провести стандартизацию по охвату и затем построить профили разнообразия (Chao et al., 2020).

#### Литература:

- Chao A., Kubota Y., Zelený D., Chiu C., Li C., Kusumoto B., Yasuhara M., Thorn S., Wei C., Costello M.J., Colwell R.K. 2020. Quantifying sample completeness and comparing diversities among assemblages. *Ecological Research* 35(2): 292–314.
- Daly A., Baetens J., De Baets B. 2018. Ecological Diversity: Measuring the Unmeasurable. *Mathematics* 6(7): 119.
- Ellison A.M. 2010. Partitioning diversity. *Ecology* 91(7): 1962–1963.
- Foissner W., Agatha S., Berger H. 2002. Soil Ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Namibia (Southwest Africa), with Emphasis on Two Contrasting Environments, the Etosha Region and the Namib Desert. *Denisia* 5: 1–1459.
- Hill M.O. 1973. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology* 54(2): 427–432.
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2): 363–375.
- Lodge D.J., Ammirati J.F., O'Dell T.E., Mueller G.M., Huhndorf S.M., Wang C.-J., Stokland J.N., Schmit J.P., Ryvarden L., Leacock P.R., Mata M., Umaña L., Wu Q., Czederpiltz D.L. 2004. Terrestrial and lignicolous macrofungi. In: G.M. Mueller, G.F. Bills, M.S. Foster (Eds.): *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods*. Burlington: Academic Press. P. 127–172.



**Микроскопические грибы в экстремальных условиях арктоальпийских местообитаний**

Microfungi in extreme conditions of arctic-alpine habitats

Кирцидели И.Ю.

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

*microfungi@mail.ru*

Одной из основных составляющих биологических систем Земли являются сообщества грибов. По мнению ряда авторов, грибы занимают в экосистемах особый экогоризонт и играют роль посредников между живым и косным веществом биосферы.

Модель космополитизма в отношении микроорганизмов (Finlay, Fenchel, 2004; Fenchel, 2005) так же, как и модель умеренного эндемизма (Foissner, 2004, 2006, 2008; Fontaneto et al. 2009, 2011) в последнее время широко обсуждается в научном сообществе. При этом подразумевается, что незначительная генетическая дифференциации (или ее отсутствие) среди удаленных друг от друга популяций, может рассматриваться как аргумент для подтверждения космополитной модели их распространения. Однако имеется множество аспектов гипотезы, которые до сих пор не имеют четкого объяснения. Например, сложно объяснить, почему в одних случаях микроорганизмы имеют очень широкое распространение, а в других случаях они эндемики с очень ограниченным распространением (Foissner, 2006). В последнее время появляется все больше свидетельств того, что распределение микроорганизмов определяется макроэкологическими процессами формирования сообществ (Nemergut et al., 2013; Tedersoo et al., 2014), делаются попытки разделить роли климатических, эдафических, флористических и пространственных факторов в формировании комплексов микроскопических грибов, и дается обоснование биогеографических особенностей, которые, по-видимому, обусловлены особенностями формирования комплексов грибов и климатом на градиенте от тундр до тропических лесов.

Несмотря на то, что исследования почвенных микроорганизмов высоких широт начались очень давно (в Арктике – со второй половины XIX в. (Nystrom, 1868; Levin, 1889); а в Антарктике – с начала XX в. (Stebel, 1908)), данные исследования микроорганизмов арктоальпийских местообитаний расширяются и переходят в область междисциплинарных.

Арктика и Антарктика, а также высокогорные, альпийские местообитания – это труднодоступные территории, для которых с одной стороны характерны экстремальные условия низких температур, сильное оледенение (Larsen et al., 2015), а с другой – высока доля выходов пород, с преобладанием каменистых субстратов (не покрытых растительностью). В экстремальных условиях складываются сходные условия существования, что приводит к формированию комплексов микроскопических грибов, сходных по видовому составу (Cox et al., 2016). Микроорганизмы, развивающиеся в данных условиях, по определению должны обладать способностью осуществлять жизнедеятельность при низких температурах, т.е. быть психрофилами. Однако вопреки этому, и в Арктике, и в Антарктике отмечено преобладание не психрофилов, а психротрофов.

Интегральные показатели численности и биомассы почвенных микромицетов высоких широт и высокогорий всегда крайне низки. Экстремальные условия ограничивают видовое разнообразие. Показано, что список видов локальных местообитаний сравнительно невелик, в полярных пустынях Арктики очень сильно обеднен даже по сравнению с тундровой зоной и в континентальной Антарктиде по сравнению с Субантарктикой.

Вопрос эндемизма, в том числе появления и/или существования видов в отдельных местообитаниях особенно остро стоит в Антарктиде вследствие её географической изоляции. Экстремальные условия (низкие температуры, низкая влажность, высокая интенсивность УФ), а также её расположение должны были привести к тому, что эволюция многих таксономических групп в Антарктиде пошла особым путем (Vincent, 2000; Onofri et al., 2004), поэтому вероятно обнаружение новых видов и родов в микобиоте (Gostinčar et al., 2009). Однако большинство исследований показали, что виды микроорганизмов преобладающие в условиях Арктики и Антарктики имеют много общего (Brunati et al., 2009). Часть микробиологов полагают ограничивать ареалы распространения полярными областями, поэтому в последнее время формулируется концепция «биполярного эндемизма». Исследование таксономического разнообразия микроорганизмов, изолированных друг от друга, но имеющих сходные условия существования, может способствовать выявлению закономерностей биогеографии бактерий и грибов в высоких широтах. Сходство полярных экосистем и колоссальные расстояния между ними обеспечивают возможность проверить влияние климатических и экологических факторов и ограничение распространения микроорганизмов (Cox et al., 2016).

В последние несколько десятилетий описано большое число новых для науки видов и даже родов микроскопических грибов в Арктике и Антарктике. Возник вопрос об эндемизме этих организмов. Однако, достаточно быстро стала появляться информация о новых находках этих видов в других

регионах, т.е. первоначально, виды, описанные как «эндемики» Антарктиды, отмечаются в других регионах в сходных экологических условиях (Vincent, 2000). Так, из высокогорий Гималаев, Тибета и Китая выделены *Penicillium antarcticum*, *P. luteum*, *Thelebolus microsporus*, *T. ellipsoideus*, *T. globosum*, *T. psychrophilum*, *Cadophora luteo-olivacea*, *Psychrophila antarctica* (Anupama et al., 2011; Wang et al., 2015; Hassan et al., 2016); изо льдов Шпицбергена – *Cryptococcus adeliensis* (Butinar et al., 2007). Наверное, вопрос эндемиков полярных областей остается открытым.

По данным ряда авторов в микобиоте Антарктиды преобладают представители Ascomycota (99.2%), представители Basidiomycota и Mucoromycota (Zygomycota) составляют лишь 0.7% и 0.1% соответственно. В первую очередь, это связано с практически полным отсутствием высших (сосудистых) растений, которые обычно формируют симбиотические взаимодействия с грибами (в том числе эктомикоризы) (Ludley, Robinson, 2008; Frisvad, 2008).

Главное отличие почвенных грибов северных полярных широт от южных в том, что в Арктике есть грибы, относящиеся к отделу Basidiomycota, а в Антарктиде представителей этого отдела практически нет (Hassan et al., 2016). Самым распространенными мицелиальными грибами в Антарктиде являются виды родов *Thelebolus*, *Cylindrocarpon*, *Glomerella*, *Golovinomyces*, *Penicillium*, *Phoma*, *Cadophora*, *Geomyces*, *Cladosporium*, *Cladophialophora*, *Antarctomyces*, *Hyphozyma*, *Goffeauzyma*, *Geotrichum*. Виды родов *Microascus* и *Myriosclerotinia* также отмечаются как доминанты (Frisvad, 2008). *Alternaria*, *Phaeoshaeria* отмечаются как доминанты в Субантарктике.

В Антарктике отмечено 70 видов дрожжей (13 аскомицетов и 57 базидиомицетов) (Buzzini et al., 2012). Наиболее часто отмечаются виды родов *Bullera*, *Bulleromyces*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Cystofilobasidium*, *Dioszegia*, *Hyphozyma*, *Leucosporidiella*, *Leucosporidium*, *Mrakia*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* и *Trichosporon*. Наибольшее обилие (частота встречаемости) отмечены у видов рода *Cryptococcus* и *Candida*. Эти виды отмечены также на ледниках, в высокогорьях (Branda et al., 2010; Turchetti et al., 2010, 2011), на скальных породах и минералах – черные меристематические грибы – *Friedmannomyces*, *Dioszegia*.

Низкое разнообразие и численность Mucoromycota в полярных регионах, возможно, связаны со строением их ценоцитного мицелия, отсутствие (редкое присутствие) септ в котором приводит к разрыву клеток при отрицательных температурах (Frisvad, 2008; Maggi et al., 2013). Грибы, образующие эндомикоризу (ранее также относящиеся к Zygomycota), также естественно отсутствуют в континентальной Антарктиде, но присутствуют в Арктике.

Другой отличительной чертой микромицетов арктоальпийских местообитаний является высокая доля мицелиальных форм, не образующих спороношения и плодовых тел (стерильных форм), что возможно связано с адаптацией к низким температурам.

Подавляющее большинство грибов характеризуются одноклеточными конидиями (*Aspergillus*, *Geomyces*, *Chrysosporium*, *Penicillium*, *Phialophora*) и имеют тенденцию снижения размеров по сравнению с космополитичными видами более южных регионов. Опыт успешной криоконсервации в коллекции культур показывает, что грибы с небольшими спорами лучше приспособлены к длительному сохранению, чем грибы с другими видами спор. Представители родов, характеризующихся крупными многоклеточными спорами (*Alternaria*, *Bispora*, *Monodictys* и др.), содержат меланин в клеточной оболочке (это соединение широко известно как средство защиты от воздействия экстремальных температур (вопреки распространенному мнению, что оно ослабляет лишь неблагоприятные воздействие ультрафиолетового излучения)) (Robinson, 2001; Rosas, Casadevall, 2011).

Как известно, высокая специализация видов снижает их адаптивный потенциал, что приводит к исчезновению видов при изменении внешних условий, например, при глобальном изменении климата или антропогенном воздействии (правило А. Марша). В экстремальных условиях высоких широт формируется небольшое число экологических ниш, поэтому микроскопические грибы полярных регионов, должны обладать не высокой специализацией, а высоким адаптивным потенциалом. В качестве альтернативного варианта, пространственная изоляция должна минимизировать сходство между Антарктидой и Арктикой. Большинство микроскопических грибов имеют широкие ареалы (биполярные ареалы) Показано, что Антарктида имеет высокое сходство комплексов микроскопических грибов с Арктикой, и большинство видов грибов показывают биполярное распределение.

Исследование адаптации микроорганизмов неизбежно затрагивает вопросы метаболической активности при низких и минусовых температурах. Один из штаммов *Geomyces pannorum*, выделенный из Антарктиды, растет при температуре  $-2^{\circ}\text{C}$  (Hughes et al., 2003). Способность полярных грибов к росту при отрицательных температурах показана и на арктических штаммах (Cochkina et al., 2012). У некоторых арктоальпийских видов грибов проявляется диморфизм, т.е. способность переходить из мицелиальной в дрожжевую форму (или обратный процесс). В высоких широтах, при отрицательных температурах и в некоторых экологических микронивах резко снижается доступность воды для организмов (осмотический



стресс), среди арктических грибов велика доля ксерофильных видов, способных развиваться при низкой активности воды (Frisvad, 2008).

В настоящее время значительное количество новых биологических природных соединений с различной активностью, таких как антибактериальные, противоопухолевые, противовирусные и т. д., было выделено из полярных организмов, в том числе грибов (Wilson, Brimble, 2009; Lebar, 2016).

Приспособления микромицетов к суровым условиям в естественных условиях Земли имеют астробиологическое значение. Они могут служить моделями для поиска жизни за пределами Земли или для исследования возможности переноса жизни между планетами (Cockell et al., 2016; Selbmann et al., 2017; Onofri et al., 2018).

### **Управление растительным покровом – наукоёмкая отрасль ботанической практики**

*Vegetation management as a science-intensive branch of botanical practice*

Копцева Е.М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*e.koptseva@spbu.ru*

Управление природными ресурсами – это деятельность, включающая распоряжение, обеспечение рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, сохранение или восстановление благоприятного состояния окружающей среды, а также соблюдение интересов государства и защиту экологических прав и законных интересов физических и юридических лиц. На сегодняшний день управление природопользованием – развивающаяся научная дисциплина, которая открывает новые направления исследований для принятия научно обоснованных решений по планированию, финансированию, законодательно-нормативному обеспечению управления природопользованием на всех уровнях (от предприятия до государственного уровня) (Управление природопользованием..., 2017).

Согласно принципам устойчивого развития необходимо, чтобы экономическая эффективность в обществе не достигалась бы за счет разрушения природной среды. А, значит, для сохранения сбалансированного природопользования, стоит ориентироваться на воспроизводимые виды ресурсов (Горохова, Гришина, 2017), каковым и является растительность.

Современный растительный покров носит антропогенный характер, а его научно обоснованное регулирование – вынужденная необходимость в контексте решения практических задач, которые ставит перед геоботаниками современное общество и природопользование. Управление растительностью подразумевает базирующиеся на оценке состояния целенаправленные действия, по неистощительному использованию объектов растительного мира (включая их защиту, улучшение, восстановление и прочее) в соответствии с целями плана землепользования. Иными словами – это есть «управление природной ценностью» (Попова, 2008).

В зарубежной практике уже на протяжении нескольких десятилетий разрабатываются и реализуются стратегии управления растительностью (Harper-Lore, 2013; Randall, 2014; Hunter, 2017), составными элементами которых обычно являются: содействие защите местной растительности, имеющей высокую природоохранную ценность, в том числе, как среды обитания диких животных, а также социальное или культурное значение; мониторинг и дальнейшее совершенствование планов управления растительными ресурсами; взаимодействие и вовлечение заинтересованной общественности в разработку планов управления растительностью; учет социально-экономических последствий при разработке планов управления растительным покровом; поощрение восстановления нативной растительности региона, в том числе и как среды обитания животных; управление угрожающими состоянию растительности процессами; образование и экологическое просвещение.

В нашей стране методологическими процессами управления природными ресурсами, включая растительность, являются: учет, планирование, регулирование и контроль.

Учет подразумевает инвентаризацию растительности, что является неотъемлемой частью ведения государственного кадастра растительных ресурсов. В этой связи остро стоит необходимость разработки и принятия государственных стандартов геоботанического описания для различных типов растительности. Совершенствование методологии кадастровых оценок в свою очередь затрагивает теоретические вопросы и практические приемы оценки состояния растительности. Предлагаемые же подходы к систематизации (классификации) растительности должны быть понятны хозяйствующим субъектам и легко применимы на практике. Сегодня активно развиваются современные геоинформационные подходы к учету и оценке объектов растительного мира (Романова и др., 2016). Уже неоднократно обращалось внимание на необходимость открытой публикации данных геоботанических

описаний (Матвеева, 2008) и объединения усилий по созданию электронных баз на национальном и мировом уровнях (Щукова и др., 2015).

Планирование – это, прежде всего, рациональное размещение растительных ресурсов, основанное на возможностях растительного покрова противостоять воздействию хозяйственной деятельности без утраты своих функций. Здесь особую актуальность приобретают исследования реакции различных типов растительных сообществ на те или иные виды воздействия, а также разработка и применение подходов к диагностике устойчивости растительного покрова применительно к действию факторов природного и техногенного характера, что позволяет повысить точность прогноза адаптивного потенциала сравниваемых растительных сообществ (Автономов, 2014).

При расчетах интегральных показателей предельно допустимых нагрузок на природную среду часто обращаются именно к геоботаническим критериям. При этом учитываются признаки изменения растительности на разных уровнях ее организации: фитоценоотическом (изменение видового состава, доминирующих видов, проективного покрытия и др.), популяционном (плотность вида-индикатора, состояние возрастного спектра др.) или экосистемном (соотношение площадей в ландшафте).

Необходимость разработки критериев «ценности растительных сообществ» позволяет более эффективно реализовывать мероприятия по охране, как отдельных компонентов, так и растительного покрова в целом.

Регулирование включает разработку и применение мероприятий по повышению качества выполняемых растительностью функций, в том числе средообразующих, почвозащитных, рекреационных и др. Регулирование невозможно без применения нормативов качества растительного покрова, разработка которых в нашей стране еще только начинается.

Теоретические и практические вопросы управления восстановительной динамикой растительности, научно-обоснованное применение приемов фиторекультивации, фитомелиорации и фиторемедиации позволяют создать для человека благоприятную окружающую среду.

Контроль объектов растительного мира обычно осуществляется в форме мониторинговых исследований, которые востребованы, как на государственном уровне (государственный экологический контроль), так и на уровне отдельных хозяйствующих субъектов (производственно-экологический контроль). Растительность, являясь весьма чувствительным компонентом среды, она наиболее наглядно отражает изменения экологической обстановки территории в результате антропогенного воздействия. При этом, как показывает практика, несмотря на широкое применение, методология мониторинговых исследований растительности далека от совершенства, а практика подобных исследований часто развивается стихийно и многое зависит от квалификации участвующих специалистов – экологов, геоботаников, ботаников.

### Литература:

- Автономов А.Н. 2014. Диагностика устойчивости травянистой растительности на землях склонов экзогенного происхождения. *Современные проблемы науки и образования* 1: 23–24.
- Горохова А.В., Гришина Ю.С. 2017. Устойчивое управление природными ресурсами в России и в мире. *Экономика и бизнес: теория и практика* 11: 57–60.
- Матвеева Н.В. 2008. Почему и зачем необходимо публиковать геоботанические описания в открытой печати. *Растительность России* 12: 134–138.
- Попова А.Р. 2008. Формирование механизма управления природными ресурсами России. *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология* 2(13): 246–252.
- Романова М, Червань А., Кудин М., Пучило А., Рудевич М. 2016. Геоинформационная инвентаризация объектов растительного мира. *Наука и инновации* 1: 66–69.
- Управление природопользованием: учебное пособие* / под ред. С.М. Никонорова, М.В. Палта. М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2017. 200 с.
- Щукова К.Б., Токарева О.С., Мирошниченко Е.А. 2015. Информационная система для ведения базы данных геоботанических описаний при изучении ландшафта. *Современная техника и технологии* 10 [Электронный ресурс]. URL: <https://technology.snauka.ru/2015/10/8022> (дата обращения: 24.01.2022).
- Harper-Lore B., Johnson M., Ostrum W.F. 2013. *Vegetation management, an ecoregional approach*. Federal Highway Administration, USDOT, Washington D.C., USA. 120 p.
- Hunter K. 2017. *Conceptual Vegetation Management Plan – Proposed Seawall Arrawarra Caravan Park Final Report*. Report to Keiley Hunter, Compiled by Ecosure Pty Ltd, CoffsHarbour. 25 p.
- Randall H.M. 2014. *Integrated Vegetation Management*. Paperback. 136 p.

### Функциональные признаки растений и их применение при поиске закономерностей формирования сообществ

Functional plant traits and their application in the search for community assembly rules

Кораблёв А.П.

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

*akorablev@binran.ru*

Выявление общих правил и принципов, по которым формируется видовой состав сообществ живых организмов – одна из центральных задач экологии. Ведь понимание механизмов формирования и поддержания видовой разнообразия в биотопе, в тех или иных его условиях, позволяет правильно предсказывать ответную реакцию экосистем на изменения климата или землепользования и на разного рода нарушения. Ведущую роль в функционировании наземных экосистем играют растения. Являясь основными первичными продуцентами органического вещества, они определяют состав гетеротрофных организмов. Поэтому именно растительный покров является ключевым биотическим компонентом биогеоценоза. Главная проблема при выявлении общих механизмов формирования сообществ, как на локальном, так и на глобальном уровне, заключается в огромном таксономическом разнообразии растений, значительном варьировании видовой состава, невозможности прямого сопоставления данных из разных регионов. Кроме того, само по себе название вида, по сути, не несет в себе информации о его биологии и экологии.

В последние десятилетия в зарубежной фитоценологии активно развивается функциональный подход (“functional” или “trait-based approach”) в исследованиях закономерностей формирования сообществ (“community assembly rules”), структуры и динамики сообществ, эволюции растений, функционирования экосистем и в оценке экосистемных услуг (Garnier et al., 2016). Такой подход основан на анализе признаков видов, составляющих сообщество. Эти признаки принято называть функциональными, а меры их варьирования и разнообразия – функциональным разнообразием, по аналогии с видовым. Они отражают экологические и биологические особенности организмов (особенности роста, жизненную стратегию, способы распространения, устойчивость к нарушениям, потребление и использование ресурсов, конкурентоспособность и др.) и позволяют судить о процессах, протекающих в экосистемах. Важным преимуществом функционального подхода является сведение всего многообразия видов (многомерных данных) к нескольким их признакам, т.е. в редукции переменных; причем каждая из этих переменных включает в себе важную информацию касательно свойств видов. Кроме того, на основе признаков растений можно проводить сравнения совершенно разных и географически удаленных экосистем, даже в случае отсутствия близкородственных видов. Существуют стандартизированные методики для измерения функциональных признаков (Pérez-Harguindeguy et al., 2013) и глобальные базы данных (<https://try-db.org/>, Kattge et al., 2020).

Функциональных признаков растений насчитывается большое множество, их измеряют на разных уровнях организации – от концентраций химических элементов в органах и скорости фотосинтеза до размерных характеристик растений и их фенологии. При этом многие признаки коррелированы между собой. Sandra Diaz с коллегами (2015) проанализировали 6 основных признаков у более чем 46 тыс. видов растений и выявили две независимо варьирующих группы признаков. Первая ось варьирования сопряжена с размерными характеристиками всего растения и его органов (высота растения, масса семени). Со второй осью связаны содержание азота в листе и удельная площадь листа (отношение площади свежего листа к его сухой массе), которые отражают так называемый «экономный спектр» – это баланс между высокой скоростью роста и устойчивостью растения к неблагоприятным факторам. В недавнем исследовании Julia S. Joswig с коллегами (2022) была выявлена связь между климатическими и почвенными факторами и функциональными признаками растений. Авторы исследования проанализировали 17 признаков у более чем 20 тыс. видов растений и установили, что размерные характеристики растений определяются главным образом климатическими факторами, тогда как признаки, связанные с «экономным спектром», определяются почвенными условиями.

Признаки растений отражают их адаптации к способу распространения и нарушениям, требования к ресурсам среды, конкурентные преимущества и разделение по экологическим нишам. Поэтому при исследовании закономерностей формирования сообществ (в англоязычной литературе “Community assembly rules”) функциональный подход имеет большое преимущество перед классическим таксономическим анализом (Götzenberger et al., 2012). В рамках теории формирования сообществ (“Community assembly theory”) любое отдельно взятое сообщество сформировалось в результате последовательного действия нескольких «фильтров», отсеивающих наименее приспособленные к ним виды (Belyea, Lancaster, 1999): 1) первый фильтр, распространения видов, имеет высокую долю

стохастичности, и определяет группу видов из всего регионального видового пула, которые потенциально способны достичь данной точки; с этим фильтром соотносятся признаки семян и плодов, высота растения; 2) экотопический (абиотический) фильтр, определяет группу видов, которые способны прорасти и развиваться в данных условиях местообитания (рН, влажность, температура почвы, доступность ресурсов, режим нарушений и т.п.); важные признаки – связанные с «экономным спектром» (например, удельная площадь листа, содержание N и отношение C:N в листе, плотность стебля) и с устойчивостью к нарушениям (архитектура растения, вегетативная подвижность, прочность листьев на разрыв и др.); 3) биотический фильтр, который соответствует отношениям конкуренции и благоприятствования между видами в сообществе; он определяет какие виды смогут сосуществовать в сообществе с учетом их плотности; здесь играют важную роль признаки, связанные с дифференциацией экологических ниш видов – высота растения, горизонтальные размеры, фенология, глубина проникновения корней и др.

В действительности абиотический и биотический фильтры тесно взаимодействуют и их вклад в формирование состава сообществ обычно сложно разделить. Важная характеристика растительного сообщества, отражающая отбор видов – это функциональное разнообразие. Существуют различные индексы функционального разнообразия (Mouchet et al., 2010), их анализ позволяет установить какие процессы преобладают в формировании видового состава локального сообщества. Однако при использовании функционального подхода очень важно на основе каких признаков проводится анализ функционального разнообразия. В связи с этим обычно используют тот набор признаков, которые непосредственно связаны с исследуемым явлением, а также такие, которые отражают разные функции растения. Так, Mark Westoby (1998) предложил LHS схему (“leaf-height-seed plant strategy scheme”) из трех признаков: удельная листовая поверхность, высота растения во взрослом состоянии и масса семени. Именно эти признаки отражают разные функции растений. Чем выше значения функционального разнообразия, тем более различающиеся растения составляют сообщество. Этот принцип заложен в основу выявления движущих сил в формировании фитоценозов, когда сравниваются наблюдаемые значения функционального разнообразия со значениями, ожидаемыми при случайном наборе видов в сообществе. Считается, что если наблюдаемое функциональное разнообразие выше случайного, то ведущим является биотический фильтр (Götzenberger et al., 2012). Так проявляется принцип конкурентного исключения, а точнее эффект ограничения сходства (“limiting similarity effect”), при котором виды, занимающие одинаковую экологическую нишу в результате конкуренции, вытесняют друг друга. Важно отметить, что в случае биотических взаимодействиях большое значение имеет пространственная шкала, на которой исследуется явление. Если наблюдаемое функциональное разнообразие ниже случайного, то ведущим является абиотический фильтр, отбирающий схожие виды, наиболее приспособленные к локальным условиям местообитания. Описанные процессы, как правило проявляются на разных признаках по-разному, поэтому необходимо понимание связи отдельных признаков с теми или иными функциями видов (Garnier et al., 2016).

В заключение можно сказать, что функциональный подход стабильно вошел в арсенал исследований вопросов формирования сообществ и сосуществования видов. Появляются первые математические модели, предсказывающие состав сообщества, основываясь на видовом пуле, варьировании функциональных признаков, условий местообитания и конкурентных отношениях (Laughlin, 2014). Однако это все еще активно развивающаяся область исследований, в которой до сих пор остается множество нерешенных вопросов. Наиболее насущные из них: количественная оценка ответной реакции отдельных признаков на экологические факторы; включение внутривидового варьирования признаков в исследовании отдельных вопросов; более пристальное исследование признаков подземных органов растений; установление более четкой связи конкретных функций экосистем и ассоциированных признаков, и многие другие.

#### Литература:

- Belyea L.R., Lancaster J. 1999. Assembly rules within a contingent ecology. *Oikos* 86: 402–416.
- Díaz S. et al. 2015. The global spectrum of plant form and function. *Nature* 529: 167–171.
- Garnier E., Navas M.L., Grigulis K. 2016. *Plant Functional Diversity Organism traits, community structure, and ecosystem properties*. Oxford University Press. 231 p.
- Götzenberger L. et al. 2012. Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. *Biological Reviews* 87: 111–127.
- Joswig J.S. et al. 2022. Climatic and soil factors explain the two-dimensional spectrum of global plant trait variation. *Nature Ecology and Evolution* 6: 36–50.
- Kattge J. et al. 2020. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. *Global Change Biology* 26: 119–188.



- Laughlin D.C. 2014. Applying trait-based models to achieve functional targets for theory-driven ecological restoration. *Ecology Letters* 17: 771–784.
- Mouchet et al. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Functional Ecology* 24: 867–876.
- Perez-Harguindeguy N. et al. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61(3): 167–234.

### **Использование свёрточных нейронных сетей для распознавания объектов растительного покрова на данных дистанционного зондирования Земли**

Using convolutional neural networks for vegetation recognition in remote sensing data

Корзников К.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Botany Czech Academy of Science, Třeboň, Czech Republic;

<sup>2</sup>Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

*korzkir@mail.ru*

В последние годы методы глубокого обучения вошли в арсенал обычных и популярных приемов дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли сверхвысокого разрешения (<1 м/пиксел) и активно применяются для решения широкого круга задач в области изучения растительного покрова (РП). В качестве источников данных используются и мультиспектральные и оптические снимки (проще говоря – фотографии РП), выполненные с аппаратов орбитального базирования или беспилотных воздушных судов. Особо высокой точности распознавания объектов РП позволяет достичь применение свёрточных нейронных сетей (СНС, convolutional neural networks) различных архитектур.

СНС распознают характерные пространственные паттерны пикселей, которые присущи тем или иным объектам РП. Ложноположительные результаты распознавания возможны в случае появления на изображениях объектов, не относящихся к целевому классу, но обладающих схожими паттернами. Например, в случае с задачей распознавания участков поваленного ветром древостоя такими объектами оказались выброшенные на морской берег стволы деревьев. Таким образом, экспертный контроль за результатами автоматического распознавания остается необходимым для получения качественного конечного картографического продукта.

В зависимости от конкретной задачи, результаты распознавания могут быть выполнены в рамках нескольких подходов. Детекция объектов (object detection) подходит для простого обнаружения и подсчета числа объектов, например, цветущих особей борщевика Сосновского. Семантическая сегментация (semantic segmentation) позволяет выделять каждый пиксель объектов целевых классов. Такой подход целесообразно использовать, например, для обнаружения и подсчета площади природных пожаров, ветровалов, зарослей кустарников или макрофитов и т.п. Сегментация отдельных экземпляров (instance segmentation) позволяет получить индивидуальную метку для каждого объекта каждого целевого класса, поэтому такой подход применим для распознавания крон деревьев в многовидовых древостоях.

### **Проблемы подготовки и использования данных при моделировании ареалов видов и картографировании растительного покрова**

Problems of preparation and use of data in the modeling of species ranges and mapping of vegetation cover

Котлов И.П.<sup>1,2</sup>, Рожнов В.В.<sup>1</sup>, Черненькова Т.В.<sup>3</sup>, Ячменникова А.А.<sup>1</sup>, Жу Ш.<sup>4</sup>, Беляева Н.Г.<sup>3</sup>, Эрнандес-Бланко Х.А.<sup>1</sup>, Чистополова М.Д.<sup>1</sup>, Сандлерский Р.Б.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Россия;

<sup>3</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия;

<sup>4</sup>Институт природных ресурсов Хэйлунцзянской Академии Наук, Харбин, КНР

*ikotlov@gmail.com*

Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) используются в качестве подложки (факторов среды) в различных способах моделирования ареалов видов и отдельных свойств растительного покрова. ДДЗЗ чаще всего представлены в виде растровых слоев. Второй важный источник данных для моделирования – это информация о местах встреч видов, проявления тех или иных видов активности, а также зафиксированных локациях отсутствия, представленные в виде точек, полигонов или линий, чаще

всего в виде векторных файлов. Для того, чтобы обеспечить корректный процесс моделирования и результаты, отвечающие поставленным задачам, необходим ряд процедур подготовки. Исходя из территории исследования, пространственной детализации и характера распределения мест встреч, необходимо подбирать оптимальное пространственное разрешение ДДЗЗ и наиболее соответствующую ему съемочную систему. Также на начальном этапе принимаются решения о планируемых методах и алгоритмах исследования и назначении метрик, отвечающих за качество результатов и их сравнимость с другими исследованиями. В частности, немаловажным является вопрос поиска данных для верификации результатов. В отношении собранного набора ДДЗЗ (датасета) практически для всех алгоритмов требуется процедура снятия автокорреляции слоев, которая может выполняться разными способами в зависимости от требований к исследованию. Данные о точках встреч также требуют тщательной подготовки. В частности, необходимо убедиться в равенстве выборок при моделировании двух и более категорий либо выполнить соответствующее прореживание данных. Вместе с тем, пространственное размещение зафиксированных мест встреч должно быть равномерным для неоднородных типов природных условий. При заблаговременном планировании полевых работ полезно выполнить стратификацию территории и запланировать систематическую сеть полевых исследований. Если используются данные уже завершённых полевых исследований, может быть применена процедура снятия автокорреляции в отношении локаций мест встреч. Корректное выполнение подготовительных процедур обеспечивает высокую скорость расчетов на ПК, отсутствие переобучения и других артефактов, сравнимость с другими исследованиями.

**Классификация местообитаний на основе фитосоциологического подхода:  
европейский и отечественный опыт**

Classification of habitats based on the phytosociological approach: European and domestic experience

Лавриненко И.А.

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

*lavrinenkoi@mail.ru, lavrinenkoi@binran.ru*

В последние десятилетия стало очевидным, что мониторинг состояния местообитаний или биотопов гораздо более эффективен, чем контроль популяций отдельных видов и создание ООПТ (Černecký et al., 2017; Mederly et al., 2019; Çakmak, Aytas, 2020, 2021; Davydova, 2022 и мн. др.). Об этом свидетельствует целый ряд национальных и общеевропейских программ и проектов (NATURA 2000, EUNIS, CarHAB и др.), Каталоги и Красные списки местообитаний, которые служат важнейшими инструментами государственной природоохранной политики ЕС (Лавриненко, 2020a).

Одной из основных классификационных схем для инвентаризации европейских местообитаний служит система EUNIS (European Nature Information System, <https://eunis.eea.europa.eu/>), которая охватывает все категории биотопов (морские, наземные и антропогенные) и лежит в основе Красного списка европейских местообитаний (European Red List ..., 2016). Подходы к классификации наземных биотопов EUNIS в значительной степени основаны на индикаторной роли синтаксонов растительности. Преимущество фитосоциологической системы – в регламентированной процедуре описаний и согласованной номенклатуре. Классификация более чем 4 млн. описаний, выполненных геоботаниками на территории Европы, широко используется для диагностики местообитаний EUNIS, большинство которых соотнесены с фитосоциологическими синтаксонами ранга союза (Rodwell et al., 2002 и др.). Система предоставляет широкие возможности для установления соотношений категорий местообитаний с общеевропейскими и национальными классификациями.

Диагностика биотопов и нанесение их на карту основаны, прежде всего, на материалах геоботанического картографирования – выделении на карте с применением ДЗЗ физиономически и топографически выраженных территориальных единиц растительности (ТЕР), отражающих экологические особенности и своеобразие участка земной поверхности. Хорошим примером может служить Франция – в рамках «Национальной стратегии в области сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия» французское государство поставило основной задачей получение информации о его современном состоянии. Для ее реализации Министерство экологии Франции инициировало амбициозную программу Национального картографирования наземных местообитаний – Cartographie nationale des habitats terrestres (CarHAB). На практике программа CarHAB основана на изучении и крупномасштабном картографировании растительности, которая служит интегральным индикатором местообитаний, их состояния и природоохранной значимости. Цель



программы – создание к 2025 г. карты наземной и пресноводной растительности местообитаний Франции в масштабе 1 : 25 000 и размером ячейки 0.5 га.

Перед началом работ выяснилось, что для территории Франции отсутствуют картографические материалы по состоянию растительности, соответствующие задачам CarHAB. Анализ карт масштаба 1 : 200 000, подготовленных под руководством Н. Gaussen (1945–1991 гг.), показал, что, из-за низкой информативности они не соответствуют требованиям программы.

На первом этапе программы CarHAB (2011–2015 гг.) была разработана методология и проведены полевые исследования в рамках пилотных проектов. Был проведен анализ 144 картографических проектов в 33 странах с участием около 60 экспертов. Заключительный отчет отражает современное состояние геоботанического картографирования растительности в Европе (Ichter et al., 2014). На этом этапе стало очевидно, что единственно приемлемым для инвентаризации растительности Франции и реализации программы CarHAB является фитосоциологический подход, основанный на наиболее полных и документально подтвержденных фактологических материалах. По результатам этого этапа вышла работа А. Chalumeau и F. Bioret (2013) «Методология фитосоциологического картографирования в Европе: симфитосоциологический и геосимфитосоциологический подходы. Библиографический синтез», в которой всесторонне рассмотрены подходы разных фитосоциологических школ и направлений. В 2015 г. опубликован отчет по результатам пилотного проекта CarHAB по о-ву Корсика (Delbosc et al., 2015), в котором представлены результаты изучения и картографирования растительности, как основы для выделения и диагностики местообитаний. В настоящее время французские ученые при участии S. Hennekens (Нидерланды), автора программы «TURBOVEG», в рамках проекта CarHAB разрабатывают программное обеспечение PAYSAGE на основе модулей TURBOVEG. В их последней работе (Roux et al., 2019) представлена структура БД, которая объединяет метаданные и описания в *synrelevés* (и *geosynrelevés*), разрабатывается метод записи комбинаций и способы управления ими для картографического отображения гетерогенных ТЕР. Интенсивное развитие фитосоциологических исследований для индикации местообитаний в настоящее время происходит в Италии, Испании и Португалии. В основе этих работ лежит подготовка национальных Продромусов растительности, которые служат основой номенклатуры и формирования легенд для картографирования растительности и местообитаний.

В России также предпринимались подходы к классификации местообитаний локальных территорий (Артемов и др., 2007; Королева, 2010, 2016 и др.; Рыфф, 2017; Браславская, Тихонова, 2020 и др.). В большинстве работ показано, что применение EUNIS сталкивается с рядом трудностей при классификации местообитаний: отсутствие типов биотопов, для многих категорий – отчетливых диагностических критериев, их неупорядоченность, использование разнородных признаков на одном уровне и др.

Тем не менее, представляется перспективной реализация подобного подхода в Российской Федерации, в первую очередь, для территории Арктики. Этот регион в настоящее время испытывает значительную антропогенную нагрузку в связи с разработкой десятков месторождений углеводородов, строительством промышленных объектов и элементов инфраструктуры. Вместе с тем, Российская Арктика – территория высокой концентрации видов биоты, нуждающихся в охране, многочисленных популяций водоплавающих птиц и млекопитающих (белый медведь, морж), многие из которых имеют международный статус охраны. Вследствие высокой чувствительности к техногенным и климатическим факторам, не только отдельные ООПТ, а вся территория Российской Арктики должна находиться под постоянным контролем со стороны государства.

К основным задачам, которые необходимо решить в ближайшие годы, следует отнести, наряду с инвентаризацией и формированием общего Каталога арктических местообитаний, создание Красного списка местообитаний Российской Арктики: участки концентрации популяций видов Красных книг, важнейших ресурсных видов и видов, имеющих высокую значимость для поддержания гомеостаза и сохранения потенциала арктических экосистем.

Сложность классификации и картографирования биотопов Арктики обусловлена мелкоконтурностью и мозаичностью тундровых ландшафтов, что приводит к преобладанию сложных ТЕР, которые сформированы комбинациями сообществ ограниченного числа синтаксонов. В этом случае определяющим будет служить не просто перечень синтаксонов, а соотношение долей их участия в сложении ТЕР и ее пространственная структура. Наряду со слабой разработанностью типологии арктических местообитаний в рамках EUNIS, применение этой системы вызывает большие трудности.

Первоочередная задача, которую необходимо решить на данном этапе – разработка классификационной схемы для общей инвентаризации биотопов Российской Арктики, учитывающей все многообразие арктических местообитаний, и определение критериев для их диагностики с применением дистанционных и наземных методов. В связи с этим, нами были начаты работы по инвентаризации и

картографированию биотопов восточноевропейских тундр. Для их выделения и диагностики на примере приморских маршей был подготовлен Проект типологической схемы ТЕР, который, наряду с синтаксономическим составом, учитывает особенности пространственной организации ТЕР, разработана номенклатура для категорий разных рангов (Лавриненко, 2020б). В основу схемы положены типы пространственных структур (серии, экологические ряды, комплексы и сочетания) ТЕР, которые, на наш взгляд, в значительной степени отражают особенности распределения, напряженность, направленность и результат взаимодействия экологических факторов. В основу номенклатуры категорий ТЕР предложено положить методически наиболее разработанную в настоящее время эколого-флористическую классификацию, в которой за каждым синтаксоном стоят публикации и табличный материал, позволяющие провести диагностику сообществ, входящих в комбинации.

На основе типологической схемы Проект классификации местообитаний заповедника «Ненецкий» и установлено соответствие большинства категорий категориям EUNIS (Лавриненко, Лавриненко, 2020). Установлены биотопы, в которых сосредоточено наибольшее число видов редких растительных объектов, включенных в Красную книгу Ненецкого автономного округа.

*Проведенные исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-17-00160 в рамках государственного задания согласно тематическому плану БИИ РАН им. В.Л. Комарова РАН по теме № АААА-А19-119032090096-4.*

### Литература:

- Артемов И.И., Королюк А.Ю., Лацинский Н.Н., Смелянский И.Э. 2007. *Критерии выделения ключевых ботанических территорий в Алтае-Саянском экорегионе*: методическое пособие. Новосибирск: Сибирский экологический центр, 106 с.
- Браславская Т.Ю., Тихонова Е.В. 2020. Лесные и кустарниковые местообитания национального парка «Смоленское Поозерье»: к вопросу об использовании классификации EUNIS при инвентаризации биоразнообразия и организации его охраны. *Разнообразие растительного мира* 1(4): 17–35.
- Королева Н.Е. 2010. Основные биотопы горных и зональных тундр Мурманской области и распределение редких видов растений. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический* 115(1): 30–40.
- Королева Н.Е. 2016. Основные типы растительных сообществ «русского» Шпицбергена. *Труды Карельского научного центра РАН* 7: 3–23.
- Лавриненко И.А. 2020а. Подходы европейских экологов к типологии и картографированию местообитаний. *Геоботаническое картографирование*: 51–77.
- Лавриненко И.А. 2020б. Типология и синтаксономический состав территориальных единиц растительности: новый подход на примере изучения арктических маршей. *Растительность России* 39: 100–148.
- Лавриненко И.А., Лавриненко О.В. 2020. Местообитания восточноевропейских тундр и их соотношение с категориями EUNIS на примере заповедника «Ненецкий». *Фиторазнообразие Восточной Европы* 14(4): 359–397.
- Королева Н.Е., Копейна Е.И., Новаковский А.Б., Данилова А.Д. 2019. Синтаксономия луговин тундрового пояса гор Мурманской области. *Растительность России* 37: 79–105.
- Рыфф Л.Э. 2017. Редкие биотопы эрозивно-денудационных ландшафтов юго-восточного Крыма. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада* 124: 61–71.
- Chalumeau A., Bioret F. 2013. *Méthodologie de cartographie phytosociologique en Europe: approches symphytosociologique et géosymphytosociologique. Synthèse bibliographique. Rapport Institut de Géoarchitecture*. Université de Bretagne occidentale, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 124 p.
- Çakmak M.H., Aytaç Z. 2020. Determination and mapping of EUNIS habitat types of Mamak District (Ankara), Turkey. *Acta Biologica Turcica* 33(4): 227–236.
- Çakmak M.H., Aytaç Z. 2021. EUNIS Habitat Sınıflandırmasının Türkiye Durum Değerlendirmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research* 5(2): 157–163.
- Černecký J., Saxa A., Čuláková J., Gajdoš P. 2017. Monitoring and improvement of protection of habitats and species of community interest in the NATURA 2000 network in Slovakia. *Quaestiones rerum naturalium* 4(2): 19–29.
- Davydova A. 2022. Vegetation mapping of the Dzharylhach Island (Ukraine). *Hacquetia* 21(1): 163–172.
- Delbosc P., Bacchetta G., Gonçalves J.-C., Bioret F., Panaïotis Ch., Lalanne A., Pedrotti F., Bouillet V., Sawtschuk J. 2015. Phytosociologie dynamico-catenale des végétations de la Corse: méthodologies typologique et cartographique. *Geographie*. Brest. 748 p.
- European Red List of Habitats*. 2016. Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. 44 p.

- Evans D., Tryfon E., Lund M. 2018. Revising the EUNIS habitats classification – where are we? *27th Congress of the European Vegetation Survey*. Poland, Wrocław, 23–26 May, 2018. Book of Abstracts. P. 42.
- Ichter J., Evans D., Richard D., Poncet L., Spyropoulou R., Martins I.P. 2014. *Terrestrial Habitat Mapping in Europe: An Overview*. European Environmental Agency: Luxembourg. 152 p.
- Mederly P., Černecký J., a kol. 2019. Katalóg ekosystémových služieb Slovenska. ŠOP SR, UKF v Nitre, ÚKE SAV, Banská Bystrica. 215 p.
- Rodwell J.S., Schaminée J.H.J., Mucina L., Pignatti S., Dring J., Moss D. 2002. *The diversity of European vegetation. An overview of phytosociological alliances and their relationships to EUNIS habitats*. Wageningen, NL. Report EC–LNV nr. 2002/054. 125 p.
- Roux C., Thébaud G., Bouzillé J.-B., Bonis A., Hennekens S. 2019. Descrierea vegetației la nivel de peisaj: "paysage", o bază de date destinată seriilor și geoseriilor. *Contribuții Botanice*. 54: 13–24.

### Структурные и функциональные особенности железистых трихом растений

Structural and functional features of the plant glandular trichomes

Муравник Л.Е.

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

[lmuravnik@binran.ru](mailto:lmuravnik@binran.ru)

Железистые трихомы (ЖТ) представляют собой секреторные структуры, которые формируются на поверхности надземных органов. Они возникают в результате серии антиклинальных и периклинальных делений эпидермальных клеток. Авторы, изучавшие ЖТ, называли их железками, секреторными волосками, экстрафлоральными нектарниками. ЖТ обнаруживаются у 20-30% видов сосудистых растений. Наиболее важной особенностью секреторных тканей является их способность синтезировать, аккумулировать и выделять химические вещества первичного и вторичного метаболизма. Функции ЖТ зависят от их строения, органа, на котором они формируются, периода активности и химического состава секрета.

Морфология ЖТ весьма разнообразна. Эта особенность используется систематиками при построении таксоно-специфических систем. ЖТ могут быть трехклеточными или многоклеточными, однорядными или многорядными, иметь или не иметь головку, опираться на длинную или короткую ножку, быть сидячими или погруженными в эпидерму. Независимо от систематической принадлежности, ЖТ обладают некоторыми общими анатомическими чертами. Как правило, их секреторные клетки характеризуются плотной цитоплазмой, а клетки ножки содержат крупные вакуоли.

Трихомы, локализованные на разных органах одного растения, могут быть морфологически различными. В то же время, на одном и том же органе иногда присутствует несколько типов ЖТ. Разные типы эпидермальных образований отличаются друг от друга размерами, химическим составом секрета, а также механизмом выведения секреторных продуктов.

Одной из специфических особенностей ЖТ растений некоторых семейств является формирование клеток, выполняющих барьерную функцию и расположенных между головкой и ножкой. Латеральная стенка таких клеток утолщена и полностью кутинизирована, что обеспечивает контролируемый поток метаболитов по плазмодесмам из клеток внутренних тканей к трихомам и в обратном направлении.

Формирование и функционирование ЖТ отмечается на ранних стадиях развития побега. Инициали представляют собой первые дифференцирующиеся клетки эпидермальной поверхности листовых примордиев. На этой стадии развития частота встречаемости ЖТ оказывается наибольшей. По мере увеличения площади листовой пластинки показатель частоты уменьшается.

Железистые трихомы образуются на поверхности разных органов, чтобы защищать растения от различных воздействий биотических и абиотических факторов, в том числе от травоядных насекомых, грибов, патогенов, ультрафиолетового излучения, высокой концентрации солей или повышенной температуры. Защита растений обеспечивается в результате изменения плотности распределения ЖТ или в результате синтеза различных химических агентов.

Многие вторичные соединения синтезируются только в ЖТ и не обнаруживаются в других тканях. Доказательством этого факта являются работы, в которых используются мутантные растения, не образующие трихомы. При этом в экстрактах из мутантных растений, лишенных секреторных структур, не содержатся такие метаболиты, которые есть в экстрактах растений дикого типа.

В соответствии с существующей классификацией, железистые трихомы делятся на эпидермальные гидатоды, солевые, слизевые, пищеварительные и липидные железки. Эпидермальные гидатоды представляют собой трихомы, которые играют активную роль в секреции растворов минеральных солей

и некоторого количества органических соединений. Функционирование солевых железок связано с секрецией соли, поступающей в листья с транспирационным током у растений, произрастающих на засоленных почвах. Солевые железки предотвращают накопление солей в цитоплазме клеток в токсичной концентрации. Слизевые железки формируются на поверхности модифицированных листьев насекомоядных растений. Здесь они синтезируют и выделяют полисахаридную слизь, которая привлекает насекомых и мелких членистоногих. Кроме того, содержащий полисахариды секрет представляет собой пищевое вознаграждение для опылителей. Гидролитические ферменты образуются в пищеварительных железках насекомоядных растений и участвуют в переваривании жертвы, оказавшейся в ловушке. Липидные трихомы могут синтезировать разнообразные вторичные метаболиты, к которым относятся фенольные соединения, терпены, сесквитерпеновые лактоны, алкалоиды. Продукты секреции обладают бактерицидным и фунгицидным действием; летучие соединения, содержащие терпены и бензеноиды, отпугивают мелких членистоногих; алкалоиды ядовиты, а горькие сесквитерпеновые лактоны делают растение несъедобным для травоядных насекомых.

Эпидермальные гидатоды и солевые железки могут аккумулировать соли в центральной вакуоли или выделяют растворы солей в оболочку. Синтез полисахаридной слизи осуществляется с участием аппарата Гольджи, от телец которого отделяются крупные пузырьки с гладкой мембраной, они выносят содержимое за плазмалемму. Гидролитические ферменты синтезируются на мембранно-связанных рибосомах гранулярного эндоплазматического ретикулума, после чего модифицируются в тельцах Гольджи и транспортируются окаймленными пузырьками в оболочку. Последовательные этапы биосинтеза фенольных соединений происходят с участием мультиферментных комплексов, локализованных на мембране эндоплазматического ретикулума. Для образования монотерпенов необходим ряд органелл, в том числе лейкопласты, элементы эндоплазматического ретикулума и митохондрии. В железистых трихомах, участвующих в синтезе сесквитерпеновых лактонов, обнаружен обильный агранулярный эндоплазматический ретикулум и лейкопласты с сильно развитой поверхностью, которые окружены ретикулярными футлярами.

После того, как секрет синтезировался в цитоплазме секреторных клеток ЖТ, он должен быть выведен во внешнюю среду. Для насекомоядных растений, секретирующих гидрофильный секрет, а именно полисахаридную слизь и гидролитические ферменты, секреторный процесс осуществляется через поры в кутикуле. На завершающей стадии созревания ЖТ наружные стенки секреторных клеток становятся значительно тоньше. Растяжение стенки способствует отделению кутиновых фрагментов друг от друга, создавая хорошо различимые поры. В ЖТ, накапливающих гидрофобный секрет, образуется субкутикулярная полость, которая возникает между собственно кутикулой и материалом первичной клеточной стенки. Когда субкутикулярная полость достигает значительных размеров, она разрывается, и секрет выбрасывается наружу. Еще одним местом аккумуляции секрета является наружная стенка секреторных клеток. В этом случае в клеточной оболочке формируется широкий кутинизированный слой, который может быть большей толщины, чем в клетках с субкутикулярной полостью.

Для идентификации основных классов химических соединений, синтезированных и локализованных в ЖТ, используется ряд гистохимических тестов. Эти реакции дают быстрый качественный ответ на вопрос о том, какие классы веществ находятся в трихомах. Применение инструментальных аналитических методов исследования (газовой хроматографии, высокоэффективной жидкостной хроматографии, масс-спектрометрии) позволяет установить точный состав секрета.

### **Амилоидные белки растений**

Amyloid proteins of plants

Нижников А.А.<sup>1,2</sup>, Антонец К.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
*a.nizhnikov@arriam.ru*

Амилоидами называют белковые агрегаты, имеющие фибриллярную морфологию и особую пространственную структуру, называемую «кросс-бета». Эти агрегаты играют важную роль в развитии целого ряда неизлечимых или трудно поддающихся лечению заболеваний, называемых амилоидозами. В то же время, амилоидные белковые агрегаты могут выполнять и жизненно-важные функции. Такие амилоиды, называемые функциональными, обнаружены у организмов, принадлежащих к самым разным систематическим группам, включая архей, бактерий и эукариот. Одной из наиболее значимых для



человека групп организмов, у которых до наших работ не были известны амилоиды, оставались растения. В проведенных нами биоинформатических исследованиях была обнаружена обогаченность участками, склонными к амилоидогенезу, белковых доменов древнего суперсемейства Cupin, типичных для запасных глобулинов семян растений (Antonets, Nizhnikov, 2017). В проведенном нами с соавторами экспериментальном исследовании впервые была показана способность формировать амилоиды *in vivo* и *in vitro* запасного белка семян посевного гороха *Pisum sativum* L. – вицилина. Было показано, что агрегаты вицилина накапливаются в семенах по мере созревания и разбираются при прорастании семян. Амилоидные агрегаты вицилина устойчивы к действию ферментов желудочно-кишечного тракта, снижая пищевую ценность семян (Antonets et al., 2020). Проведенные эксперименты показали наличие амилоидоподобных агрегатов и в семенах других растений, включая пшеницу, ячмень, чечевицу и сою. Амилоидогенез запасных белков семян растений представляет собой ранее неизвестный механизм, обеспечивающий стабилизацию и долговременное хранение запаса питательных веществ в семенах, а также представляет существенную значимость для сельского хозяйства, открывая возможности для повышения питательной ценности семян путем регуляции амилоидогенных свойств запасных белков.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением № 075-15-2020-920 от 16.11.2020 о предоставлении гранта в виде субсидии из Федерального бюджета Российской Федерации. Грант предоставлен в рамках государственной поддержки создания и развития Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».*

#### **Литература:**

- Antonets K.S., Nizhnikov A.A. 2017. Predicting amyloidogenic proteins in the proteomes of plants. *International Journal of Molecular Sciences* 18: e2155.
- Antonets K.S., Belousov M.V., Sulatskaya A.I., Belousova M.E., Kosolapova A.O., Sulatsky M.I., Andreeva E.A., Zykin P.A., Malovichko Y.V., Shtark O.Y., Lykholay A.N., Volkov K.V., Kuznetsova I.M., Turoverov K.K., Kochetkova E.Y., Bobylev A.G., Usachev K.S., Demidov O.N., Tikhonovich I.A., Nizhnikov A.A. 2020. Accumulation of storage proteins in plant seeds is mediated by amyloid formation. *PLOS Biology* 18(7): e3000564.

#### **Травертиногенез на территории Ижорского плато в течение голоцена**

Travertinogenesis in the Izhora Plateau during the Holocene

Никитин М.Ю.

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

*boogiewoogieboy@mail.ru*

В течение полевых сезонов 2005-2020 годов нами изучались залежи травертинов, формировавшиеся с начала голоцена и образующиеся по сей день. В отечественной литературе до недавнего времени важнейшим фактором пресноводного континентального карбонатообразования традиционно признавался климат, с которым тесно связан определяющие этот процесс температуры, химизм вод, газовый состав почвенного воздуха и т. д. Однако, эндогенной составляющей концентрации CO<sub>2</sub> в природных водах до последнего времени не уделялось достаточно внимания.

«Холодноводные» (метеогенные – в европейской традиции) травертины в настоящее время изучены в меньшей степени, чем их «тепловодные» (термогенные) аналоги. Большая часть травертинов из внеальпийской зоны Европы является «холодноводными», что, обычно, диагностируется их изотопным составом. В областях их генерации не происходили выраженные термальные явления. В последнее время внимание исследователей привлекает механизм образования таких травертинов, связанный с непосредственным участием в их осаждении колоний цианопрокариот и других организмов – фотоавтотрофов. Массовое развитие фотоавтотрофных организмов в природных водах, содержащих высокие концентрации соединений кальция, способно вызвать нарушение карбонатного равновесия. Процесс фотосинтеза водных организмов обусловлен поглощением CO<sub>2</sub> из растворов природных источников, что в свою очередь приводит к образованию микробиальных карбонатных корок на субаквальных поверхностях, а также замещению живых тканей растений кальцитом, выражающемся в формировании на поверхности фотосинтезирующих органов и в тканевых жидкостях кристаллического кальцита. Обрастание экспонированных субаквальных поверхностей колониями цианопрокариот с симбиотическими водорослями в фотоактивный период и последующее образование кальцитовых корок



происходит довольно быстро. Скорость формирования таких кальцитовых корок хорошо фиксируется ежегодным мониторингом.

В северной части Ижорского плато известно большое количество родников, которые питают реки, пересекающие Балтийско-Ладожский глинт. К таковым относятся Ижора, Стрелка, Сума, Копорка, Ломашка, и многие другие. Среди малых рек родникового питания выделяется Шингарка своим собственным гидрологическим режимом и геохимическими особенностями вод. По существу, сегодняшняя Шингарка – это искусственный водоток, созданный в XVIII веке. Многочисленные ручьи, сливаясь при пересечении глинта, формируют Петергофскую водоподводящую систему. Верховья Шингарки, прежде всего ручьи Ривкузи и Фабричный – это одно из немногих мест в окрестностях Санкт-Петербурга, где наблюдается активный современный травертиногенез.

В истоках реки Шингарки, начинающейся группой родников в деревнях Глядино, Большое и Малое Забородье, на разных участках нескольких ручьёв обнажаются и раннеголоценовые залежи травертинов. В ручьевых руслах, практически на всей, доступной для инсоляции поверхности, образуются современные травертины. Особенно энергично сезонные биоморфные карбонатные корки формируются в ручьях Ривкузи и Фабричном. В руслах названных ручьёв обнажены ранне-среднеголоценовые травертины, вероятно, близкие по возрасту средне- и верхнеижорским в месторождениях «Антелево» и «Пудость». Толща этих древних травертинов обнажена на правом берегу ручья Ривкузи, достигая 3 метров видимой мощности. Ещё около 3 метров обнажено под водами искусственной выработки, ныне затопленной.

Генерация травертинов в верховьях реки Шингарки начинается на некотором удалении от вклюдозов и строго увязывается с простирием выделенной нами зоны разрывных нарушений (Ижорский разлом). Столь незначительные по площади пятна травертинопроявления свидетельствуют о локальности активного восходящего потока трещинных и поровых вод, содержащих значительную примесь газов, поступающих из плитного комплекса. Именно в этом месте отмечаются наиболее экстремальные значения (для всего Ижорского плато) по жёсткости воды в ручье Ривкузи (26 dGH, при 16 dKH), при средних значениях pH 8,3 – 8,5, иногда в мае достигающих 9.1, при температурах от +4°C до +11°C. Температура колеблется, безусловно, в зависимости от близости вклюдозов и в соответствии с сезонным ритмом.

Значения  $\delta^{13}\text{C}$  VPDB современных травертинов ручья Ривкузи составляют -11 ‰. Аналогичный показатель  $\delta^{13}\text{C}$  зафиксирован для среднеголоценовых травертинов Антелево. Это значение заметно меньше, чем, например, в травертинах Пудости (-8,7 ‰), несмотря на то обстоятельство, что в обоих случаях здесь имеется единая зона травертиногенеза, обусловленная активностью Ижорского разлома. Мы это связываем с различиями в режиме водоёмов и, как следствие, с различным видовым составом водной биоты.

Генерация травертинов в верховьях Шингарки наблюдается в течение всего фотоактивного периода, когда брио-альго-цианобактериальные сообщества энергично развиваются. Как это уже отмечалось, период активного функционирования сообществ, а значит и генерации травертинов, несколько сдвинут по отношению к инсоляционному максимуму в июне. Практически сразу после схода ледостава, в конце марта – начале апреля, начинается образование сезонных цианобактериальных, генерируемых, преимущественно, колониями *Schizothrix calcicola*. В течение весны и начала лета состав сезонных сообществ существенно усложняется, по большей части за счёт альгобиоты. Сообщества мхов также являются субстратом и основой для генерации травертинов. Вместе с тем, что морфология таких разновидностей травертинов конфигуративно соответствует слоевищам мхов, следует отметить, что мхи (печёночные, в том числе) в этих сообществах живут в симбиозе с теми же цианобактериями и водорослями. Начиная с конца мая – начала июня генерация травертинов ослабевает. Мы это связываем с уменьшением уровня инсоляции в результате развития листвы на деревьях, которая заметно экранирует участки дна ручьёв.

В течение всего периода генерации травертинов в верховьях Шингарки наблюдаются периодические изменения её скорости, вплоть до временного прекращения образования кальцитовых корок. Вероятно, это может объясняться периодическим поступлением глубинного  $\text{CO}_2$  в систему. Покмаки, выявленные в донных осадках Финского залива, фиксирующие прорывы газофлюидов по линии простириания зоны разрывных нарушений – достаточно достоверная иллюстрация периодичности этого процесса. Литологические и гидрогеологические исследования, а также сезонный мониторинг побережья Финского залива привели к обособлению зоны периодического выброса на поверхность вещества газофлюидов. Также на участке побережья бухты Графская лахта отмечены железистые источники с бактериофлорой *Thiobacillus ferrooxidans* и связанные с ними локальные участки гематитового оруденения. Такая бактериофлора способна существовать при внешнем притоке  $\text{CO}_2$ , например, в низинных болотах, где велико содержание органики. Здесь же концентрация органического вещества невелика, что свидетельствует о заметной роли глубинного  $\text{CO}_2$ .

Как показали наши исследования, формирование травертинов зависит исключительно от эффективности функционирования биоты. При ассимиляции  $\text{CO}_2$  фотоавтотрофами,  $\text{CaCO}_3$  кристаллизуется на их поверхности и в клеточных жидкостях. В определённом смысле специфические сообщества, населяющие холодные воды ручьёв Ижорского плато, можно назвать средообразующими, так как в местах их обитания, в своеобразных гидрохимических условиях формируются уникальные биоценозы. Эти циано-альгобактериальные маты создают своего рода «оазисы», способные существовать только при дополнительном привносе в среду соединений углерода, прежде всего  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ . Таким образом, можно говорить о зонах функционирования природных  $\text{CO}_2$  - генераторов, поддерживающих существование таких эфемерных сообществ.

Сообщества, генерирующие травертины в водах Ижорского плато, заметно более сложно организованы, чем классические цианобактериальные маты, известные в современной биоте в условиях экстремальных сред. Структурное и функциональное усложнение происходит за счёт участия в сообществах эукариотических организмов. Кристаллизация кальцита в них может происходить и внутри самих матов, при этом они могут быть заметно массивнее, образуя плотные слизистые чехлы вокруг тех же колоний мхов. В умеренных и высоких широтах сезонная периодичность формирования травертинов довольно заметна и усложняется изменением видового состава доминирующих в соответствующий период фотоавтотрофов. Если такие сообщества оказываются подо льдом на зиму, латентный период может длиться несколько месяцев, после чего происходит реколонизация прежних карбонатных корок.

Заключение:

- Генерация травертинов Ижорского плато приурочена к активным зонам разрывных нарушений.
- Травертины Ижорского плато биоморфны на всех уровнях изучения, вплоть до ультрамикроскопического.
- $\delta^{13}\text{C}$  VPDB варьирует в пределах:  $-8 - -11$  ‰, что отвечает механизму изотопного фракционирования водными фотоавтотрофами.
- Ph вод источников, питающих местные ручьи, обычно варьирует от 6,7 до 7,2 вне зависимости от сезона года.
- Ph водотоков в зоне выделенных разрывных нарушений всегда больше. Особенно это относится к «светлому» фотопериоду: апрель – октябрь и достигает величины 9,1 в начале мая, что прямо свидетельствует о роли фотоавтотрофов в ассимиляции  $\text{CO}_2$ .

### **Проблемы экологии, филогении и систематики миксомицетов (Mycetozoa) в контексте их скрытого разнообразия**

The ecology, phylogeny and systematics of Mycetozoa in the context of hidden diversity

Новожилов Ю.К., Щепин О.Н., Приходько И.С., Бортникова Н.А.

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

*ynovozhilov@binran.ru*

Проблема соответствий филогенетических гипотез и таксономических классификаций организмов одна из наиболее сложных в филогенетике и систематике. Переход от морфологической концепции вида к филогенетической, а также использование полифазного подхода в систематике не только позволил оптимизировать многие классификации, но и создал целый ряд трудностей для систематиков. Протисты – одни из важнейших компонентов биоразнообразия на Земле, играющий огромную роль в различных экосистемах. Однако их происхождение и эволюция остаются малоизученными, а филогенетические системы по мере внедрения новых методов меняются очень быстро, что отражается на таксономической классификации эукариот в целом. Одной из групп, эволюционная история которых до сих пор остается крайне запутанной, являются амeboидные протисты (Amoebozoa). Среди них выделяются миксомицеты (Mycetozoa = Mycetozoa), грибообразные спорообразующие протисты, традиционно являющиеся объектом исследования микологов и насчитывающие около 1000 морфовидов, которые до недавнего времени относили к пяти порядкам (отрядам). Среди миксомицетов выявляется множество криптических видов. На это указывают филогенетические исследования, зачастую показывающие, что один морфовид распадается на несколько филогенетических групп, а также высокое число неизвестных операционных таксономических единиц (OTU) при исследовании методами метагеномики и секвенирования нового поколения (NGS). В последнее время предпринимаются попытки с применением мультигенного филогенетического анализа провести ревизию таксономической системы миксомицетов, которая до сих пор была основана на морфологических признаках спор и спорокарпов (плодовых тел). Последние часто

хорошо заметны в природе, обладают разнообразными морфологическими признаками и могут сохраняться длительное время в гербарных коллекциях и служить источником ДНК для мультигенного филогенетического анализа. Обычно используются следующие участки генома в качестве маркерных: 1) РНК-кодирующие гены (обычно 18S рДНК, SSU), 2) внутренние транскрибируемые спейсеры ITS1 и ITS2, 3) ген фактора элонгации трансляции EF1A, 4) митохондриальный ген субъединицы I цитохромоксидазы COI. Результаты филогенетических исследований показывают, что ряд таксонов оказывается поли- или парафилетичными, а многие филогении не соответствуют классификации на основе морфологических признаков. В филогении, основанной на SSU, многие крупные ветви, включая Liceaceae, Dianemataceae, Trichiaceae, Echinosteliales, Amaurochaetaceae, Lamprodermataceae, Didymiaceae и Physaraceae, получили поддержки зачастую значительно ниже приемлемых. Многие рода, такие как *Licea*, *Hemitrichia*, *Physarum*, *Badhamia*, *Perichaena*, *Trichia*, *Lamproderma* и ряд других, оказались парафилетичными или полифилетичными таксонами и требуют ревизии. В целом, мультигенный филогенетический анализ внес значительный вклад в понимание происхождения основных эволюционных линий миксомицетов и заставил пересмотреть связи между многими группами на различных таксономических уровнях. В результате было установлено, что миксомицеты являются монофилетической группой, представленной двумя крупными ветвями. Первая включает Liceales и Trichiales, которые имеют ярко окрашенные споры (красные, оранжевые, фиолетовые, желтые, оливковые). Меланин, если он вообще присутствует в спорах, встречается в очень низких концентрациях. Вторая клада включает виды из порядков Echinosteliales, Stemonitidales и Physarales, которые, за исключением рода *Echinostelium*, имеют тёмные (различные оттенки коричневого к чёрному) споры, пигментированные меланином. Впоследствии эти филогенетические исследования послужили основой для классификации в рамках зоологической номенклатуры, в которой были предложены два надотряда эндоспоровых миксомицетов, которые формируют споры внутри плодовых тел. Для них были также предложены названия, соответствующие Ботаническому кодексу номенклатуры. Надотряд Lucisporidia (в ботанической номенклатуре Lucisporomycetidae, светлоспоровые миксомицеты) включал Liceales и Trichiales, тогда как Columellidia (в ботанической номенклатуре Columellomycetidae, тёмноспоровые миксомицеты) включал Echinosteliales, Stemonitidales и Physarales. Следует подчеркнуть, что эта классификация во многом согласована с классификациями Ростафинского, Листера и Хагельштайна, однако не согласуется с широко используемыми сегодня системами Мартина и Алексопулоса, Нанненга-Бремекампа и Пулэн. Чтобы разрешить противоречия, были предложены новые порядки (Clastodermatales, Reticulariales, Meridermatales и Echinosteliopsidales), а также новое семейство Meridermataceae. В последнее время появилась надежда, что внедрение новых технологий секвенирования (NGS), в частности метода «genome skimming» из группы методов «shotgun sequencing», позволит увеличить число анализируемых участков генома и повысить разрешающую способность молекулярных филогений. В отличие от анализа транскриптома, метод genome skimming позволяет использовать не только активные участки генома живых прорастающих спор, но и те, которые находятся в неактивном состоянии, в сухих спорах гербарных образцов плодовых тел, из которых проводится выделение ДНК. В нем используются преимущественно мультикопийные участки генома органелл (кластеры рибосомных и митохондриальных генов, многокопийные ядерные гены, ДНК-транспозоны и ретроэлементы), причем возможно использование частично фрагментированной ДНК из сухих гербарных образцов, что значительно облегчит подбор таксонов для филогенетического анализа.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 22-24-00747 «Реконструкция “глубокой филогении” грибообразных протистов (Mухомycetes = Eumycetozoa) на основе данных, полученных методом “genome skimming”».*

### **Гибридизация в эволюции злаков: данные секвенирования следующего поколения (NGS)**

Hybridization in grasses evolution: the data from next-generation sequencing

Носов Н.Н., Гнутиков А.А., Родионов А.В.

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

*nnosov2004@mail.ru*

Злаки (Poaceae) возникли не позднее 74–82 млн лет назад. Их общий предок, вероятно, был полиплоидом (тетраплоидом) с основным числом хромосом  $x=5$  и гаплоидным числом хромосом  $n=10$  (Murat et al., 2010). В дальнейшем в разных филогенетических линиях злаков происходила редукция числа хромосом (Murat et al., 2010), в ряде случаев также сопровождавшаяся дупликацией и вторичным

увеличением. Таким образом, гибридизация как фактор эволюции появилась на самых ранних этапах эволюции злаков.

В настоящее время процессы гибридизации чаще всего происходят на территориях естественных экотонов – границ природных зон, например, в зонах высотной поясности (Yang et al., 2019). Гибридизация способствует расширению географической приуроченности по сравнению с исходными, предковыми таксонами (Родионов, 2013). Чаще всего, акты гибридизации у растений, и, в частности, у злаков, сопровождаются полиплоидизацией – кратным увеличением числа хромосом в геноме. Это необходимо для соблюдения баланса хромосом в гибридном геноме. Кроме того, в последнее время появилось и больше свидетельств гомоплоидной гибридизации: когда акты скрещивания разных таксонов происходят без увеличения числа хромосом. Такие случаи доказаны, например, для горных массивов Средиземноморья (Abdelaziz et al., 2021).

Мы видим, что точная картина родства злаков представляет собой скорее сеть, а не древо. Для независимого исследования филогении различных таксонов Poaceae широко применяется секвенирование хлоропластных генов (наследуются преимущественно по материнской линии) и ядерных генов (наследуются от обоих родителей). Также в случае гибридогенности таксона помогает клонирование маркерных последовательностей. Но локус-специфичное секвенирование следующего поколения позволяет получить даже крайне малую фракцию последовательностей, которую трудно или невозможно получить прямым секвенированием или клонированием. При этом скрытыми полиплоидами по данным NGS оказываются даже хорошо известные диплоидные виды.

В качестве маркерной последовательности использовался участок 18S рДНК–ITS1–5.8S рДНК. Этот участок обладает хорошей изменчивостью, пригодной для решения филогенетических задач на межвидовом и внутривидовом уровне. Для молекулярно-филогенетического анализа с помощью метода секвенирования следующего поколения (NGS) на платформе Illumina был получен весь пул последовательностей этого участка. Эти последовательности были объединены в риботипы – сиквенсы с определенным количеством прочтений (ридов) на геном. Как правило, в анализ нами брались последовательности с числом ридов не меньше 10.

Наиболее интересными результатами, полученными с помощью NGS, являются факты отдаленной гибридизации между представителями разных подтриб одной трибы. Так, нами было показано, что тетраплоид ( $2n=8$ ) *Zingeria pisidica* (Boiss.) Tutin s. l. из группы уникальных двуххромосомных злаков (триба Pooae) является интрогрессивным гибридом с участием однолетнего эфемера *Poa diaphora* (= *Eremopoa songarica*) из клады, включающей подтрибы Poinae, Phleinae и Miliinae, лишь отдаленно родственной двуххромосомным злакам. Это первый случай столь отдаленной интрогрессии в исследуемой группе. Также нами были подтверждены предыдущие данные цитогенетических исследований (FISH и GISH-гибридизации) о наличии рДНК *Colpodium versicolor* (или близкого ему предкового вида) в геноме *Zingeria kochii* ( $2n=12$ ) (Rodionov et al., 2020).

Использование метода NGS позволяет выявить скрытые следы гибридизации у, казалось бы, известных диплоидных видов. Диплоидные виды овса (*Avena*, по современным данным это *Aveneae chloroplast group*, триба Pooae) по особенностям кариотипа разделяются на две группы – с А и С-геномом. Это разделение подтверждается также на молекулярно-филогенетическом уровне. Оказалось, что диплоидные виды овса – на самом деле, по-видимому, палеополиплоиды, активно скрещивавшиеся между собой, по крайней мере, в прошлом. Эндемик Апшеронского полуострова (Азербайджан) *Avena bruhnsiana*, родственник *A. ventricosa*, оказался гибридом *A. ventricosa* × *A. clauda*. А сам *A. clauda*, вероятно, представляет собой сложный палеополиплоид, потому что наряду с ранее выявленным по цитогенетическим данным Ср-геномом в его рДНК найдены также риботипы, относящиеся к А-геному (вариант As). При этом, риботипы А-генома в составе рДНК *A. clauda* очень разнообразны (Gnutikov et al., 2022). Диплоидные виды овса, несущие А-геном, также, вероятно, проходили в прошлом раунды гибридизации. Так, *A. longiglumis* (Al-геном) имеет главный риботип, общий с риботипами *A. atlantica* и *A. wiestii* (As-геном, считавшийся дериватом Al-генома). В настоящее время носители Al и As-генома не скрещиваются (Ladizinsky, 2012), поэтому мы предполагаем, что As-геномные овсы являются древними гибридами с участием *A. longiglumis*, чей геном подвергся реорганизации. *A. damascena* (Ad), *A. hirtula* (As) обладают как видоспецифичными, так и гибридными мажорными риботипами (больше 1000 ридов на геном). А вот эндемик Канарских островов *A. canariensis* достаточно сильно обособлен от остальных *Avena* с А-геномом, хотя его минорная фракция риботипов присутствует в As/Ad-геномах.

В процессе постгибридизационной эволюции рДНК растений претерпевает значительные изменения путем конверсии/неравного кроссинговера. Это приводит к «выравниванию» – гомогенизации маркерных последовательностей рибосомной ДНК. Вероятно, эти процессы протекают с разной интенсивностью внутри и между ядрышковыми организаторами (NOR), на которых и локализованы кластеры рибосомных генов: процессы конверсии внутри одного NOR идут сильнее, чем между NOR на



разных хромосомах. Именно поэтому, по нашим наблюдениям, количество ядрышковых организаторов у гибридогенных видов часто коррелирует с количеством наиболее массовых риботипов.

Работа была выполнена в ЦКП «Геномные, протеомные и клеточные технологии» ВНИИСХМ. Она финансировалась при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 13.2251.21.0004 (075-15-2021-939) от 16.11.2021 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки по теме проекта «Активизация сетевого сотрудничества генетических банков (Activated Genebank Network - AGENT)».

#### Литература:

- Murat F., Xu J.-H., Tannier E. et al. 2010. Ancestral grass karyotype reconstruction unravels new mechanisms of genome shuffling as a source of plant evolution. *Genome Research* 20: 1545–1557.
- Yang R., Folk R., Zhang N., Gong X. 2019. Homoploid hybridization of plants in the Hengduan mountains region. *Ecol. Evol.* 9: 8399–8410.
- Родионов А.В. 2013. Полиплоидия и межвидовая гибридизация в эволюции цветковых растений. *Вавиловский журнал генетики и селекции* 17: 916–929.
- Abdelaziz M., Mucoz-Pajares A.J., Berbel M. et al. 2021. Asymmetric reproductive barrier and gene flow promote the rise of a stable hybrid zone in the Mediterranean high mountain. *Front. Plant Sci.* 12: 687094.
- Rodionov A.V., Gnutikov A.A., Nosov N.N. et al. 2020. Intragenomic polymorphism of the ITS1 region of 35S rRNA gene in the group of grasses with two-chromosome species: different genome composition in closely related *Zingeria* species. *Plants* 9: 1647.
- Gnutikov A.A., Nosov N.N., Loskutov I.G. et al. 2022. New insights into the genomic structure of the oats (*Avena* L., Poaceae): intragenomic polymorphism of ITS1 sequences of rare endemic species *Avena bruhsiana* Gruner and its relationship to other species with C-genomes. *Euphytica* 218: 3.
- Ladizinsky G. 2012. *Studies in Oats Evolution: A Man's Life with Avena*. Heidelberg: Springer-Verlag, 87 pp.

#### Современные подходы в фитотерапии

Modern approaches in phytotherapy

Повыдыш М.Н.

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет, Санкт-Петербург,  
Россия

[maria.povydysh@pharminnotech.com](mailto:maria.povydysh@pharminnotech.com)

По проведенным оценкам, 20-25% всех препаратов, упомянутых в Фармакопеях, происходят из природных источников, независимо от того, используются ли они в виде индивидуальных природных соединений в неизменном виде, например, винкристин из *Catharanthus roseus* (L.) G. Don и силимарин из *Silybum marianum* (L.) Gaertn. или с небольшими химическими модификациями, например аспирин, производное салициловой кислоты выделенной из *Salix* spp. (Newman, Cragg, 2020). Фактически, около 50% фармацевтических препаратов производятся на основе соединений, впервые идентифицированных или выделенных из растений (Krief et al., 2004).

В настоящее время отечественная фармацевтическая промышленность производит фитопрепараты, как правило, содержащие сумму биологически активных веществ (далее – БАВ). К таким препаратам относятся настойки из лекарственного растительного сырья (далее – ЛРС), а также сиропы и таблетки, содержащие экстракты, тогда как в отношении высокотехнологичных препаратов собственного производства на основе природных соединений наблюдается дефицит.

В связи с преобладанием на рынке суммарных препаратов, долгое время одной из основных задач российской фармакогнозии было изучение суммарных качественных и количественных показателей БАВ в ЛРС. Развитие хроматографических методов анализа, в частности высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), позволило осуществлять точное разделение веществ, содержащихся в сложных, многокомпонентных природных смесях. Таким образом, появилась возможность выделять чистые вещества сложной химической структуры из природного сырья.

Практика получения чистых БАВ из растительного сырья в странах Западной Европы и США оказалась весьма успешной, так как фармакологические исследования таких веществ показали их значительно более высокую эффективность по сравнению с экстрактами. В результате, чистые природные БАВ стали востребованными на мировом фармацевтическом рынке.

В 2015 году Нобелевская премия по медицине была вручена за выделение и изучение индивидуального вещества артемизинина из китайского вида полыни *Artemisia annua* L. На основе

артемизинина был создан противомаларийный лекарственный препарат нового поколения (Weathers et al., 2010).

Широкое использование данного подхода в мировой фармацевтической практике можно проиллюстрировать целым рядом примеров препаратов, созданных на основе природных соединений, либо внедренных в практику, либо находящихся на стадии клинических испытаний. В основном это сильнодействующие вещества, применяемые для лечения онкологических и нейродегенеративных заболеваний:

- галантамин (алкалоид, выделенный из подснежника Воронова (*Galanthus woronowii* Lozinsk.)) (разадин, реминил, нивалин) был впервые реализован в 2001 году в США для симптоматического лечения пациентов с болезнью Альцгеймера (Marco-Contelles et al., 2005; Kim, Park, 2017).
- нитизинон (производное лептоспермона – нового класса гербицидов, получаемых из *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels (орфадин) был реализован в 2002 году в качестве препарата для лечения наследственной тирозинемии типа 1 (НТ-1) (Mitchell et al., 2001).
- апоморфин (синтетическое производное морфина) (апокин) был реализован в 2004 году как инъекционное лекарственное средство для симптоматического лечения болезни Паркинсона (Unti et al., 2015).
- бетулиновая кислота (из коры *Betula pubescens* Ehrh.) проявляет противораковые, антибактериальные, противомаларийные, противогельминтные, противовоспалительные и антиоксидантные свойства. Также перспективно в лечении ВИЧ (Aiken, Chen, 2005).
- бевиримат (РА-457) является полусинтетическим производным бетулиновой кислоты и разрабатывается Panacos Pharmaceuticals как новый класс противоретровирусных лекарственных веществ (Stoddart et al., 2007).
- целгосивир – лекарственный препарат, разработанный фирмой MIGENIX – является полусинтетическим производным алкалоида кастаноспермина из австралийского дерева *Castanospermum australe* A.Cunn. ex Hook. В настоящее время целгосивир проходит II фазу клинических исследований как препарат для комбинированной терапии ВИЧ-инфекции (Nash, 2011).
- протопанаксидол (тритерпеновый агликон сапонинов различных видов женьшеня (*Panax* spp.)) проявляет апоптотические эффекты на раковые клетки через различные сигнальные пути. PanaGin Pharmaceuticals разрабатывает протопанаксидол как препарат для лечения рака лёгких и других опухолей. В настоящее время протопанаксидол проходит I фазу клинических исследований в США (Yu et al., 2007; Gao et al., 2013; Wang et al., 2015).

Суммарные экстракты и сухие растительные смеси являются компонентами многих пищевых добавок, и в силу малого содержания действующих веществ, зачастую обладают лишь умеренной биологической активностью. При этом паттерны биологической активности таких препаратов сложны и не всегда поддаются однозначной интерпретации.

Поэтому, в настоящее время представляется целесообразным создание лекарственных субстанций растительного происхождения, основанных на индивидуальных соединениях с подтвержденными структурами и спектрами биологической активности. Такие препараты нового поколения имеют ряд преимуществ перед традиционно применяемыми суммарными экстрактами: они обладают более высокой и более специфичной биологической активностью, однозначно известными побочными эффектами, а также могут использоваться для получения более эффективных синтетических аналогов.

Применение современных и передовых технологий для анализа структуры природных соединений (ЯМР, масс-спектрометрия высокого разрешения, рентген-структурный анализ) и скрининга их содержания в природных объектах (УВЭЖХ-МС/МС) позволяет выстроить чёткую взаимосвязь структуры природного соединения с его биологической активностью, а также определить распространение и встречаемость различных групп вторичных метаболитов в исследуемых растениях, позволяющее выявлять новые потенциальные источники биологически активных природных соединений.

Несмотря на высокую эффективность описанного подхода, он практически не применяется в Российской Федерации. Одной из основных причин этого является недостаточность данных о научно доказанных паттернах биологической активности природных соединений, характерных для Российских лекарственных растений. Однако, богатейшие природные ресурсы (более 10000 дикорастущих и несколько сотен культивируемых видов), многолетний опыт исследований в области лекарственных растений и богатые традиции народной медицины России представляют исследователям огромный потенциал для изыскания новых лекарственных субстанций растительного происхождения.

В докладе на примере исследований, проводимых на кафедрах фармакогнозии и биохимии ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России, будут освещены подходы, направленные на изыскание природных соединений для получения лекарственных препаратов с хорошо охарактеризованным составом и биологической активностью.

**Метаболомика растений и грибов: методы и круг решаемых задач**  
Plant and fungi metabolomics: the scope of tasks and methods for their solving

Пожванов Г.А.<sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия  
*pozhvanov@binran.ru, gregory@pozhvanov.com*

Возникновению и развитию метаболомики способствовал бурный рост мощности инструментальной аналитики, обусловленный микропроцессорными схемами управления физико-химическими процессами, лежащими в основе хроматографических и спектрометрических методов исследования молекулярного состава, и использованием IT-технологий для анализа получаемых данных. Возможность одновременного анализа обширного набора низкомолекулярных веществ – метаболитов, участвующих в химических реакциях в живом организме, – в биологии оказалась востребована в рамках постгеномного анализа. Однако со временем метаболомика сформировала свою собственную предметную область. Как и все “омиковые” разделы биологии, метаболомика фокусируется не на изучении отдельных элементов (метаболитов), а анализирует динамику их совокупности, которая отражает развитие живого организма, его реакции на изменения в окружающей среде и взаимодействие с другими живыми организмами.

Поскольку свойства анализируемых метаболитов чрезвычайно разнообразны, метаболомика использует несколько физико-химических методов по отдельности или в комбинации в составе аналитических платформ и генерирует многомерные наборы данных. В лекции мы рассмотрим типы метаболомного анализа; основные этапы анализа, основанного на газовой хроматографии–масс-спектрометрии, и последующую обработку данных методами мультивариантной статистики. Примеры из нашей работы продемонстрируют профайлинг метаболитов и решение метаболомных задач: характеристика развития грибов и высших растений, динамика ответа на стрессовые воздействия, гравитропический ответ растений.

**Использование микроводорослей *Chlorella sorokiniana***

The use of microalgae *Chlorella sorokiniana*

Зибарев Н.В., Политаева Н.А., Туми А.

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия  
*politaevana1971@gmail.com*

Микроводоросли *Chlorella* – активный продуцент белков, углеводов, липидов, витаминов, с легко регулируемым соотношением этих соединений при изменении условий культивирования: если при выращивании на обычных минеральных средах в ее сухой биомассе содержится 40-55 % белка, 35 % углеводов, 5-10 % липидов и до 10 % минеральных веществ, то при изменении концентрации компонентов среды можно получить биомассу следующего состава: 9-88 % белка, 5-86 % липидов, 6-38 % углеводов. Хлорелла, растущая на среде, богатой азотом, накапливает преимущественно белок, при дефиците азота она синтезирует главным образом жиры и углеводы, добавление к среде глюкозы и ацетата приводит к повышению содержания каротиноидов.

Наиболее широкое применение хлорелла нашла в сельском хозяйстве в качестве добавки к корму для скота. Использование хлореллы для откорма скота и влияние на прирост живого веса поголовья хорошо изучено отечественными учеными. Доказано преимущество хлореллы перед кормовыми антибиотиками и прочими кормовыми добавками, при этом использование хлореллы взамен антибиотиков не изменяет химический состав мяса. Достаточно широко хлорелла нашла свое применение в медицине. Несмотря на то, что хлорелла не входит в Государственную Фармакопею РФ и не используется в официальной медицине в качестве какого-либо самостоятельного препарата, она успешно применяется в виде биологически активных добавок. Такие добавки обычно выпускают в качестве суспензии, экстракта, пасты или сухой биомассы в виде порошка или таблеток. Американские медики рекомендуют биодобавки из хлореллы всем, в первую очередь 10 жителям больших городов, которым особенно не хватает витаминов и других полезных веществ. Известен способ иммуномодуляции человека с помощью хлореллы. Способ иммуномодуляции человека заключается в приеме живой суспензии

хлореллы штамма *C. vulgaris* ИФР № С-111 и концентрацией 8-10 млн кл./мл в количестве 200 мл в сутки для взрослого человека.

Клетки хлореллы синтезируют широкий спектр каротиноидов и фенольных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами. В связи с этим употребление в пищу хлореллы может снижать риск развития атеросклеротических изменений в сосудах, вызванных окисленным холестерином. Кроме этого, хлорелла богата магнием, который является жизненно необходимым элементом. Показано, что за счет высокого содержания хлорофилла хлорелла достаточно эффективно выводит кадмий и уран из организма в виде пероральных добавок. Установлено, что хлорелла способна снижать концентрацию сахара и холестерина в крови, повышать уровень гемоглобина. Хлорелла способствует повышению активности иммунной системы, стимулирует пищеварение из-за высокого содержания целлюлозных волокон. Богатый витаминный и белковый состав хлореллы позволил использовать её не только на корм скоту, но и рекомендовать её использование в пищу человека. Так как в белке хлореллы содержатся все незаменимые аминокислоты, его питательная ценность в 2 раза превосходит таковую для соевого белка. Если же сравнивать питательную ценность биомассы в целом, то окажется, что 1 кг её равнозначен 4-5 кг сои. По калорийности хлореллу можно приравнять к шоколаду, а её белок равноценен белку сухого молока или мяса. Поскольку хлорелла содержит большое количества белка (более 50 %, для сравнения, в пшенице около 12 %) и по своей питательности не уступает мясу, то во многих странах её употребляют в пищу. В Японии хлореллу добавляют в хлеб, кондитерские изделия, мороженое для обогащения их питательными веществами. На острове Тайвань хлореллу выращивают уже более 20 лет, и ежегодный «урожай» массы сухого вещества водоросли составляет 1,5 тыс. т. В Малайзии и на Филиппинах на пищевые цели расходуется более 500 т хлореллы в год. Российские ученые разработали технологию изготовления сухих водорослей хлореллы, которую рекомендовали использовать при производстве комбинированных молочных продуктов. Имеются исследования об использовании хлореллы в условиях космического полета, при создании системы жизнеобеспечения пилотируемых космических кораблей.

Многие российские и зарубежные авторы предлагают использовать микроводоросли для очистки воды. При использовании микроводорослей для очистки сточных вод часто возникает проблема создания высокой концентрации клеток в стоках. Для её решения предлагаются различные варианты иммобилизации. Так предложен способ фиксации клеток *C. sorokiniana* GXNN 01 геле из аргината кальция. Были проанализированы процессы извлечения азота и фосфора в автотрофных, гетеротрофных, миксотрофных и микроаэробных условиях. Было показано, что иммобилизованные клетки имели более высокую скорость извлечения аммония (21,84 %, 43,59 % и 41,46 %), чем свободные (14,35 %, 38,57 % и 40,59 %) в автотрофных, гетеротрофных и микроаэробных условиях и более высокую скорость удаления фосфата (87,49 %, 88,65 % и 84,84 %), чем свободные клетки (20,21 %, 42,27 % и 53,52 %) в гетеротрофных, миксотрофных и микроаэробных условиях соответственно.

### Остатки ископаемых растений в окрестностях Санкт-Петербурга

Fossil plant remains in St. Petersburg Region

Снигиревский С.М.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

*s.snigirevsky@spbu.ru, s.snig@mail.ru*

Окрестности Санкт-Петербурга знамениты в первую очередь своими ордовикскими трилобитами: панцири этих древних членистоногих животных чрезвычайно обильны в южной части Ленинградской области. При этом ископаемые документы растительного мира древних эпох остаются и по сей день малоизвестными широкому кругу не только палеонтологов, но и неспециалистов. Тем не менее, растительные остатки, или как их еще называют – фитофоссилии, достаточно широко представлены в геологической летописи на северо-западе России. В докладе планируется рассказать о них, причем последовательность изложения будет направлена от далекого геологического прошлого к настоящему.

Самыми древними остатками организмов, известными к настоящему времени, являются находки, сделанные А.М. Беляевым (СПбГУ) в 2008-2020 гг. в кремнистых породах эффузивного происхождения на острове Гогланд. Их возраст – **средний протерозой (около 1,2 млрд. лет назад)**. Поступавшие из недр Земли богатые кремнеземом растворы, сопровождавшие излияние магматических расплавов, быстро коагулировались в придонных водах морского бассейна, формируя подобие «желе», быстро застывавшего с превращением в кремнистые породы. Именно в них и сохранились многочисленные остатки древнейших микроорганизмов – водорослей, животных, а также, возможно, бактерий и вирусов.



Фитофоссилии вендского периода (600 – 535-542 млн. лет назад) были найдены не только в естественных обнажениях (например, по берегам р. Ижоры), но и при прокладке линий метрополитена в зеленовато-голубых глинах. Это – лентовидные образования *Laminarites* (обогащенные сапропелевым материалом глинистые прослойки) и высокоорганизованные многоклеточные водоросли *Vendotaenia*.

В кембрийском периоде (535-542 – 490 млн. лет назад) на большей части территории нынешнего Северо-Запада России было сравнительно мелкое и спокойное море, на дне которого также обитали различные водоросли. Их разрозненные остатки плохой сохранности можно встретить в синих кембрийских глинах в целом ряде местонахождений.

В ордовикских отложениях (возраст их 490 – 443 млн. лет назад) встречаются известковые водоросли, участвовавшие в постройках так называемых «геккерных горбов» – первых рифовых построек на этой территории. Не менее хорошо известны обызвествленные (инкрустированные карбонатом кальция) «шарики» зеленых водорослей, схожих с современными сифониями. Ранее их принимали за фрагменты морских пузырей (иглокожих животных).

В западной части области известны первоначально описанные как шишки хвойных растений организмы, названные рецептакулитами. Они впоследствии были переизучены и рассматривались как отдельный класс типа Spongiata (губки), но ряд исследователей предлагали выделять их в самостоятельный тип древних животных, представляющих тупиковую ветвь эволюции. Систематическое положение и природа рецептакулитов до сих пор не установлены с уверенностью, однако в палеонтологической литературе они зачастую рассматриваются среди водорослей (как группа *incertae sedis*), и изучением их занимаются в основном палеоальгологи.

В 2007 г. С.В. Наугольных (ГИН РАН, Москва) обнаружил на берегах р. Волхов в районе Волховстроя отпечаток новой фитофоссилии *Volkhoviella primitiva*. Это растение сочетает внешние признаки риниофитов и некоторых современных лишайников. Его остатки были найдены в отложениях с признаками субаэрального происхождения.

На западе Ленинградской области находится город Сланцы, названный так благодаря месторождениям горючих сланцев – «кукерситов» – в отложениях среднего ордовика. Это светло-коричневые тонкодисперсные породы, содержащие большое количество органического вещества – сапропелит, образовавшийся в морском бассейне благодаря активной жизнедеятельности зеленых водорослей. Вся порода сложена ими нацело, без примеси минеральных частиц. В шлифах хорошо заметны многочисленные колонии мелких шарообразных водорослей, названных М.Д. Залесским *Gloeocapsomorpha prisca* – по сходству с современной водорослью *Gloeocapsa*.

Отложения силурийской системы (возраст 443-418 млн. лет назад) отсутствуют в окрестностях Петербурга.

Девон (418-360 млн. лет назад) наверное, самый удивительный период в развитии наземных растений. В его начале суша была практически пустынна, лишь редкие водные и полупогруженные в воду растения обитали по берегам морских лагун и широких дельт рек. Закончился девонский период совсем по-другому: шумели на ветру первые леса Земли, хелицеровые (из членистоногих) вполне освоились под пологом леса, земноводные стали первыми позвоночными на суше. На территории Ленинградской области известны средне- и верхнедевонские отложения, содержащие три группы очень своеобразных ископаемых организмов.

Остатки оогониев харовых водорослей – *Trochiliscus* и *Sycidium*. Это мелкие (до 1,5-2 мм в диаметре) карбонатные шарики со спиральной или концентрической орнаментацией. Внутри они полые, на полюсах есть малое отверстие и более крупная воронка. Условия нахождения трохилисков указывают, что эти водоросли обитали в солоноватых водах, образуя достаточно густые заросли вдоль берегов. Эти заросли заглушали иную водную растительность, образуя моновидовые сообщества на минимальной глубине (от 0,1 до 3, максимум 5 м). В окрестностях Петербурга трохилиски, помимо речки Поповки (типичное местонахождение), найдены также на реках Тосне, Сяси, Ижоре, Волхове, Лемовже, Оредеже, Луге, в деревнях Марьино, Поповка, Пязелева, Аннолово, Кобралово, Тайцы.

Самые загадочные ископаемые среднего девона в окрестностях Петербурга – *нематофиты*. Они встречаются часто в песчаных отложениях по берегам р. Луги и ее притоков. В ископаемом состоянии они представляют собой крупные «стволы» длиной иногда до нескольких метров и диаметром до полуметра. Но на срезе под микроскопом видно, что *нематофиты* состоят из трубок, напоминающих скорее мицелий гриба, нежели древесину высшего растения.

В отложениях Главного девонского поля хорошо сохранившиеся остатки высших растений достаточно редки, однако здесь неоднократно встречаются обломки окаменевших, замещенных кремнеземом или карбонатом кальция, древесин археооптерисовых растений (*Callixylon*). Это были первые лесообразующие растения Земли, и именно им мы обязаны формированию лесов как природного явления. В девоне нынешний Северо-Запад России находился в приэкваториальной области, леса покрывали

высоко воздымавшийся Балтийский щит и его отроги. В современной ориентировке суша находилась к северу от Петербурга, на нынешнем Карельском перешейке и еще гораздо севернее, а море Главного девонского поля – к югу. Древесины *Callixylon* были обнаружены на Андомской горе на южном берегу Онежского озера, на р. Сясь близ с. Колчаново, на р. Лемовже и в ряде других мест.

Каменноугольный период (360-295 млн. лет назад) – первый в истории Земли период массового угленакопления. Северо-Запад европейской части России, а в геоструктурном смысле – северо-западное крыло Московской синеклизы, относится к Подмосковному угленосному бассейну. Плауновидные и членистостебельные растения были основными углеобразователями на этих территориях. Они обильно росли на заболоченных приморских низинах и формировали леса, похожие на современные мангровые заросли. На более возвышенных местообитаниях – там, куда не доходили приливы и где не было вязких болот, обитали совершенно другие растения – папоротники и семенные папоротники, многие из которых были также древовидными формами. Они, по-видимому, не участвовали в углеобразовании на территории Московской синеклизы. Остатки перечисленных растений можно найти в обнажениях и карьерах по берегам рек Паша, Оять, Сясь (в верховьях), Воложба, Рагуша, Мста, Волга (в верховьях) и их притоков.

История развития растительности на изученной территории от пермского периода (295 млн. лет назад) вплоть до неогенового периода (1,8 млн. лет назад) нам неизвестна: отложения этого возраста здесь отсутствуют.

Наиболее хорошо палеоботанически охарактеризованы отложения четвертичного возраста (1,8 млн. лет назад – ныне). В это время на территории всего северо-запада Европы существовало несколько оледенений, во время которых наблюдались значительные изменения растительного мира под влиянием менявшегося климата, циркуляции атмосферы, изменений гидрографической сети. В четвертичных осадках самого разного происхождения наиболее часто распространены микроскопические ископаемые остатки растений – рассеянные в породах споры и пыльца высших растений, а также жившие в различных водоемах диатомовые водоросли (*Bacillariophyta* или *Diatomeae*). На основании изучения диатомей, нередко переносимых водами из одного бассейна в другой, можно судить о степени опресненности и температурном режиме водоемов; исследование пыльцевых спектров позволяет восстановить динамику растительного покрова во времени. По макроостаткам растений (*Zostera*, *Dryas octopetala*, *Salix* spp., *Betula nana*, *Potamogeton*, *Ledum palustre* и многим другим) определяют конкретные типы растительности, характерные для той или иной территории в отдельные (достаточно короткие) промежутки времени. Основные местонахождения четвертичных растений в черте города были обнаружены при рытье каналов Александро-Невской лавры, в обнажениях на территории парка Лесотехнической академии, у ж/д станций Лигово, Ланская, Удельная, Пискаревка, в Юкках, Осиновой Роще, близ пос. Горелово, у станции метро Рыбацкое и Владимирская, в районе Лахты.

Одним из самых древних свидетельств пребывания человека на территории нынешнего Санкт-Петербурга является находка вбитого в землю деревянного кола, радиоуглеродная датировка которого составляет  $4690 \pm 80$  лет назад.

Данные по ископаемым остаткам растений в окрестностях Санкт-Петербурга опубликованы в подробной статье в 8-м томе журнала «Биосфера» (2016, № 1, с. 79-99).

### Эволюция гинееца злаков

Evolutionary history of the grass gynoeceium

Соколов Д.Д.<sup>1</sup>, Фомичев К.И.<sup>1</sup>, Rudall P.J.<sup>2</sup>, Macfarlane T.D.<sup>3</sup>, Ремизова М.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, UK;

<sup>3</sup>Western Australian Herbarium, Biodiversity and Conservation Science,  
Department of Biodiversity, Conservation and Attractions, Western Australia

sokoloff-v@yandex.ru

Семейство злаки (Poaceae, или Gramineae), помимо большого числа экологически значимых дикорастущих видов, включает зерновые злаки, которые являются важнейшим источником пищи для населения нашей планеты. В пищевой промышленности используется крахмал, отложенный в зерновках злаков, которые развиваются из гинееца. Морфологическая интерпретация гинееца злаков остается спорной, хотя этому вопросу, начиная с 19 века, было посвящено большое число исследований. В последние десятилетия появились принципиально новые возможности для анализа морфологической эволюции. В частности, возникла возможность независимой от морфологии реконструкции филогенетических отношений, что позволяет избежать логического круга в рассуждениях о степени

примитивности таксонов и полярности морфологических признаков. Кроме того, данные генетики развития позволяют говорить о механизмах становления морфологических признаков в онтогенезе и сравнивать их у разных организмов. Широкий сравнительный анализ в современном филогенетическом контексте ясно показывает, что гинецей злаков псевдомономерный, то есть синкарпный с единственным фертильным плодолистиком. Гинецей злаков с 2 рыльцами (самый обычный вариант в семействе) имеет два стерильных плодолистика, каждый из которых образует одно из рылец, а также фертильный плодолистик без рыльца. На сегодняшний день исследования развития гинецея злаков в онтогенезе, в том числе с использованием методов генетики развития, не позволяют со всей определенностью продемонстрировать составную природу гинецея злаков как возникшего в ходе эволюции на базе синкарпного гинецея, поскольку его сложная эволюционная история замаскирована в результате сильнейшей интеграции частей. Взятые в отдельности данные о развитии гинецея у двухрыльцевых злаков не противоречат его трактовке как одиночного асцидиатного плодолистика. Тем не менее, в контексте других данных такая интерпретация несостоятельна. Интерпретировать гинецей злаков в терминах, применимых для большинства других покрытосеменных (например, с выделением симпликатной и синасцидиатной зоны), проблематично. Даже само понятие плодолистика применительно к злакам отчасти вводит в заблуждение. Если бы все ближайшие родственники злаков (а именно, *Restionaceae* s.l., *Flagellariaceae*, *Ecdeiocoleaceae*, *Joinvilleaceae*) вымерли и не были доступны в хорошей сохранности в ископаемом состоянии, правильная интерпретация эволюции гинецея злаков была бы сильно затруднена. Именно сравнение с этими родственными группами позволяет приблизиться к пониманию исходного для злаков строения гинецея.

*Работа выполнена при поддержке РФФ (проект 19-14-00055).*

### **Автофагия растений и грибов: механизмы и функции**

Autophagy in plants and fungi: functions and mechanisms

Тютерева Е.В.

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

*etutereva@binran.ru*

Автофагия представляет собой универсальный внутриклеточный катаболический процесс эукариотических организмов. У растений и грибов автофагия обеспечивает активную деградацию ненужных или поврежденных клеточных компонентов и макромолекул в литических вакуолях. В благоприятных для роста условиях среды непрерывно осуществляется т.н. конститутивная автофагия, выполняя необходимую для поддержания метаболизма функцию контроля качества клеточных макромолекул и органелл. В стрессовых условиях, например, при недостатке энергетических эквивалентов и нутриентов, вызванном голоданием, в клетках растений и грибов развивается т.н. стресс-индуцируемая автофагия. В этом случае автофагия обеспечивает деградацию поврежденных структур и ремобилизацию высвобождаемых метаболитов для обновления клеточных компонентов, синтеза макроэргических молекул АТФ и поддержания высокого энергетического статуса клетки, что в конечном итоге способствует выживанию клеток. Автофагия выполняет важную роль в морфогенезе многоклеточных растений при дифференцировке трахеальных элементов ксилемы, формировании коры корня, созревании пыльцы, а также в жизненном цикле многоклеточных мицелиальных грибов, в частности, в перераспределении веществ в мицелии для обеспечения роста новых гиф, в процессе споруляции при формировании конидий и в образовании аппрессориев у патогенных грибов. На сегодняшний день наиболее хорошо изученным типом автофагии у растений, истинных дрожжевых грибов и нескольких групп мицелиальных грибов является макроавтофагия. Отличительный цитологический маркер макроавтофагии – образование автофагосом, двумембранных везикул, несущих порции цитоплазматического материала, предназначенные для доставки в литические вакуоли и ферментативной деградации. Для инициации процесса образования автофагосом и их дальнейшей сборки необходимо участие т.н. автофагических белков, кодируемых высококонсервативными семействами генов ATG (AuTophagy-related genes). Для многих коровых ATG генов дрожжей обнаружены функциональные гомологи в геномах растений и мицелиальных грибов. В последнее десятилетие у растений и грибов активно изучается регуляция автофагии через сигнальные пути с участием центральных протеинкиназных комплексов TOR и SNRK1/SNF1. Являясь внутриклеточным процессом, автофагия тем не менее выступает важнейшим механизмом взаимодействия микопатогенов и растений-хозяев в растительно-микробных патосистемах, поскольку, с одной стороны, может усиливать

вирулентность грибного штамма, а, с другой стороны, может рассматриваться в качестве механизма устойчивости растений.

### **Особенности интродукции древесных растений в Санкт-Петербурге** Features of the woody plants introduction in Saint Petersburg

Фирсов Г.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
*gennady\_firsov@mail.ru*

Зимостойкость, оцениваемая через повреждаемость морозами, является основным фактором, препятствующим выращиванию древесных растений в открытом грунте в Санкт-Петербурге. При этом особенно критическими являются аномально суровые зимы, которые на протяжении трёх столетий являлись главным фактором отбора. Пик похолодания климата пришелся на конец 18 в. и на первые два десятилетия 19 в., однако древесных растений в культуре тогда было еще немного. Заметное потепление климата, начавшееся в конце 1980-х гг., позволяет расширить коллекции и выращивать такие растения, которые раньше считались непригодными для культуры в открытом грунте. Эффект потепления климата со сдвигом агроклиматических зон к северу и востоку до настоящего времени воспринимался в большинстве случаев как полезный. Однако необходимо учитывать, что польза от этого может иметь место лишь до определённого предела. При потеплении климата увеличивается вероятность вспышек размножения вредителей. Усиливается проблема массового развития болезней и распространения инвазионных видов. Это меняет сложившиеся представления о перспективном ассортименте деревьев и кустарников для озеленения. В первые два десятилетия 21 века потепление климата в Санкт-Петербурге заметно усиливается. И важно при этом проследить реакцию растений на эти изменения среды. Катастрофическая потеря биоразнообразия в мире может стать неизбежной, если глобальный климат реально изменится в ближайшие десятилетия. Поэтому возрастает роль и значение ботанических садов как центров сохранения биоразнообразия. При этом важно накопление длительных рядов фенологических и метеорологических наблюдений, обработка данных и постоянный мониторинг.

### **Нелинейный мир экологических моделей** The nonlinear world of ecological models

Фролов П.В., Шанин В.Н.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН», Пушкино, Россия  
*frolov@pbcra.ru*

Математическая модель – приближённое описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженное с помощью математической символики. Математические модели применяются практически во всех отраслях науки, в том числе и в биологии. Основные задачи, для которых нужно математическое моделирование, это (1) определение границ устойчивости систем; (2) оптимизация сложной системы по параметру или по набору параметров; (3) попытка спрогнозировать поведение системы; (4) имитация динамики системы.

В Лаборатории моделирования экосистем разрабатывается оригинальная система моделей лесных экосистем EFIMOD, отличительной чертой которых является экосистемный подход, особое внимание уделяется обмену энергией и веществами между биотическим и абиотическим компонентами экосистемы. В этих моделях объединяются популяционный и балансовый подходы, что позволяет выявить взаимодействие между средой и биотическим компонентом экосистемы и объяснить особенности продукционных процессов, обусловленные взаимосвязью популяционной структуры растительности и циклов элементов в системе «почва–растительность–климат».

Система моделей лесных экосистем EFIMOD является индивидуально-ориентированной. Она предназначена для моделирования биологических круговоротов элементов в лесных экосистемах таежной зоны и смешанных лесов. Система моделей рассчитывает параметры баланса углерода и азота (чистая первичная продукция, дыхание почвы, доступный для растений азот в почве, биомасса отдельных деревьев по компартментам, пулы органического вещества и азота в почве, потребление азота



растениями) и таксационные характеристики древостоев (густота, полнота, средняя высота и диаметр, запас древесины). Система моделей включает в себя модель динамики органического вещества почвы (OpВП) ROMUL, которая рассчитывает динамику пулов OpВП исходя из химических свойств опада, температуры и влажности подстилки и минеральной почвы. Статистический генератор почвенного климата SCLISS предназначен для генерации почвенно-климатических характеристик. EFIMOD позволяет учитывать влияние лесохозяйственных операций и лесных пожаров. Система моделей связана с индивидуально-ориентированной решетчатой имитационной моделью травяно-кустарничкового яруса CAMPUS-S. Модель CAMPUS-S состоит из двух основных блоков – блока моделирования динамики популяций растений, основанного на популяционно-онтогенетическом подходе и блока моделирования динамики биофильных элементов (углерода и азота) в растениях травяно-кустарничкового яруса и почве, основанном на экофизиологическом подходе. Модель может применяться для исследования взаимодействия особей в ценопопуляции, конкурентных отношений между ценопопуляциями в одном сообществе в зависимости от морфологических, временных и других видов поливариантности развития, оценки популяционной динамики и продуктивности при разных экологических условиях и внешних воздействиях. При включении модели в систему, появляется возможность анализа вклада растений травянисто-кустарничкового яруса в круговорот биофильных элементов (углерода и азота) в лесных экосистемах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-14-00362-П).

### Формирование стенки микроспорангия, типы и формы тапетума у цветковых растений

Microsporangium wall formation, tapetum types and forms in flowering plants

Шамров И.И.<sup>1,2</sup>, Анисимова Г.М.<sup>2</sup>, Бабро А.А.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

*ivan.shamrov@gmail.com*

Способы формирования стенки микроспорангия дискутируются. Считают, что с дистальной стороны ее слои возникают за счет клеток археспория в субэпидермальном слое. В результате периклиналильных делений археспориальных клеток формируются париетальные (наружу) и спорогенные (внутри) клетки. Спорогенные клетки трансформируются в микроспороциты, а париетальные клетки образуют слои стенки. С боков и внутренней стороны слои образуются из клеток меристемы связника (Davis, 1966). На этом основании были выделены наружный и внутренний сегменты тапетума (Periasamy, Swamy, 1966; Bhandari, 1968). Полагают, что внутренний тапетум возникает из париетальных клеток, смежных с клетками спорогенной ткани (Budell, 1964; Торшилова, Батыгина, 2005; Бабро, Воронова, 2018) либо вся стенка микроспорангия имеет париетальное происхождение (Carniel, 1961; Батыгина и др., 1963; Bhandari, Khosla, 1982). С привлечением генного анализа предложена модель развития микроспорангия у *Arabidopsis thaliana* (Scott et al., 2004), в которой спорогенные клетки играют основную организующую роль. Эти клетки и их производные создают вокруг себя радиальные поля и заставляют любые окружающие клетки делиться периклиально. Таким образом, даже с привлечением молекулярно-генетических данных вопрос о происхождении слоев латеральной и внутренней частей стенки микроспорангиев остается нерешенным.

Имеющиеся классификации типов стенки микроспорангия построены на основании особенностей развития париетальных слоев. В первой классификации были предложены 4 типа формирования стенки микроспорангия с наружной стороны (Батыгина и др., 1963). В двух из них (Solanaceae- и Umbelliferae-типы) формирование происходит из клеток первичного археспория. Два других (Poaceae- и Ericaceae-типы) выделены на основании того, что тапетум образуется из производных клеток вторичного археспория. Правомерность выделения последних типов остается до сих пор дискуссионной (Терехин и др., 1993). В литературе широко используется классификация Davis (1966), которая выделила 4 типа в зависимости от направленности делений клеток двух исходных париетальных слоев и времени дифференциации тапетума. К ним относятся: основной (клетки обоих париетальных слоев делятся почти синхронно и образуют все слои стенки), двудольный (клетки внутреннего париетального слоя дифференцируются в тапетум, а наружного – делятся многократно, образуют эндотеций и средние слои), однодольный (клетки наружного париетального слоя дифференцируются в эндотеций, а за счет деления клеток внутреннего париетального слоя образуются средние слои и тапетум) и редуцированный (внутренний париетальный слой образует тапетум, а наружный – эндотеций).

В дальнейшем произошла ревизия существующих классификаций. Согласно представлениям Терехина с соавторами (Терехин, Батыгина, Шамров, 1993), все разнообразие типов формирования стенки микроспорангия можно свести к двум: центростремительному и центробежному. В центростремительном типе выделены 3 вариации: типовая (однодольный тип, по Davis, 1966), компликатная (основной тип, по Davis, 1966) и пролонгированная (многократные деления клеток внутреннего париетального слоя и более поздняя дифференциация тапетума). В центробежном типе также возможны 3 вариации: типовая (двудольный тип, по Davis, 1966), компликатная (многократные деления клеток наружного париетального слоя) и редуцированная (редуцированный тип, по Davis, 1966). На основе анализа литературных и собственных данных эти представления были критически пересмотрены нами (Шамров и др., 2019; Shamrov et al., 2020). Исследования показали, что основной и редуцированный типы (в соответствии с представлениями Davis), являются измененными вариантами центростремительного типа. Принадлежность основного типа в качестве компликатной вариации центростремительного типа вполне понятна, исходя из особенностей генезиса слоев микроспорангия. Что касается редуцированного типа, то отсутствие в стенке микроспорангия среднего слоя у одних видов, его наличие у других или непостоянство этого признака в пределах родственных таксонов свидетельствует о тенденции к сокращению числа слоев у этих растений, что, возможно, возникло в ходе эволюции.

На основании проведенных нами исследований можно сделать два заключения о типах и способах формирования стенки микроспорангия. 1. Только 2 типа формирования стенки микроспорангия можно считать легитимными, хотя они имеют разные названия: двудольный (*Solanaceae*-тип, Батыгина и др., 1963; типовая вариация центробежного типа, Терехин и др., 1993; Шамров и др., 2019; Shamrov et al., 2020), однодольный (*Umbelliferae*-тип; Батыгина и др., 1963; типовая вариация центростремительного типа, Терехин и др., 1993; Шамров и др., 2019; Shamrov et al., 2020). 2. Трудно согласиться с точкой зрения о париетальном происхождении слоев стенки микроспорангия со всех его сторон. Париетальный слой, как производный археспория, образует только небольшой сегмент стенки микроспорангия с наружной стороны и не может возникнуть с боков и со стороны связника. По нашему мнению, археспорий и все слои микроспорангия возникают из группы инициальных клеток, дифференцирующихся в субэпидерме каждого микроспорангия пыльника: латеральные формируют слои стенки микроспорангия с боков, центральные – внутренний тапетум, археспорий и париетальные слои, причем эти слои возникают самыми последними.

Важное значение для развития пыльника имеет тапетум. Его клетки выполняют ряд функций: 1. Синтез веществ, ингибирующих процессы специализации клеток эндотеция в течение всего микроспорогенеза. 2. Снабжение микроспороцитов, формирующихся микроспор и пыльцевых зерен питательными веществами (полисахариды, ферменты, гормоны), накапливающимися внутри полости микроспорангия (Pacini et al., 1985; Pacini, 1997, 2010). 3. Секретируют фермент каллазу для растворения каллозных оболочек тетрад микроспор. 4. Образуют спорополленин экзины и орбикул (телец Убиша), которые обычно располагаются на внутренней мембране и контактируют с развивающимися пыльцевыми зернами. 5. Участвуют в образовании полленкита, состоящего из липидов и каротиноидов (эти вещества выделяются клетками тапетума на поздних стадиях развития); участвуют в образовании трифины, состоящей из смеси гидрофобных и гидрофильных соединений (вещества образуются при разрушении содержимого клеток тапетума обычно на стадии одиночных микроспор); полленкит и трифина откладываются на поверхности экзины пыльцевых зерен и способствуют опылению насекомыми (Goldberg et al., 1993; El-Ghazaly, 2002; Rezanejad, 2008).

Определения типов и форм тапетума крайне противоречивы. Различают секреторный, амебоидный (Goebel (1905), периплазмодиальный (Tischler, 1915; Echlin, 1971) типы, настоящий и ложный подтипы периплазмодия (Tischler, 1915) и различные варианты (Claussen, 1927), промежуточный, или инвазивный, тип (Tiwari, Gunning, 1986), париетальный и амебоидный (Pacini et al., 1985; Pacini, 1997, 2010), ложный периплазмодий (Tischler, 1915; Carniel, 1952), окаймляющий симпласт (Budell, 1964), тапетальная ткань (Камелина, 1977, 1981), синцитий (Pacini et al., 1985; Pacini, 1997, 2010).

Проведенный анализ свидетельствует о том, что любой тип тапетума является секреторным и его клетки продуцируют различные вещества для развития микроспор и пыльцевых зерен. На ранних стадиях он, как правило, образован таблитчатыми клетками с плотной цитоплазмой. Тапетум начинает развитие, образуя слой или слои клеток с одним или несколькими ядрами. Затем происходит разрушение клеточных стенок. Первый тип предпочтительнее обозначить париетальным, как и Pacini (1997, 2010). Тапетум выстилает полость микроспорангия, не заходя вглубь ее. Клеточное строение сохраняется, как правило, до распада тетрад микроспор. На тапетальных мембранах, часто внутренних, формируются орбикулы. Второй тип тапетума лучше называть периплазмодиальным, который возникает в результате слияния протопластов клеток. Цитоплазма и ядра располагаются не только между развивающимися микроспорами и пыльцевыми зернами, но и контактируют с внутренними слоями полости микроспорангия. На границе

периплазмодиального тапетума и среднего слоя выделяют экстратапетальную, или перитапетальную мембрану, на которой откладываются глобулы спорополленина, а орбикулы не образуются (Heslop-Harrison, 1969; Dickinson, 1970). Различия между типами обусловлены особенностями структурной и временной реорганизации в ходе развития. В типах выделяются формы тапетума. В париетальном тапетуме протопласты, которые формируются после исчезновения клеточных стенок, постепенно разрушаются (форма 1 – типичный париетальный тапетум) или они незначительно разрастаются внутрь полости микроспорангия (форма 2 – амeboидный тапетум). В случае периплазмодиального тапетума протопласты формируются до или во время мейоза. Они сливаются, образуя симпласт. Предлагается различать 2 его формы: объединение и внедрение протопластов внутрь полости микроспорангия (форма 1 – типичный периплазмодиальный тапетум), полное или частичное слияние протопластов, которые не образуют выростов и остаются в первоначальном пристенном положении (форма 2 – окаймляющий симпласт).

#### Литература:

- Шамров И.И., Анисимова Г.М., Бабро А.А. 2019. Формирование стенки микроспорангия пыльника и типизация тапетума покрытосеменных растений. *Ботанический журнал* 104(7): 1001–1032.
- Shamrov I.I., Anisimova G.M., Babro A.A. 2020. Early stages of anther development in flowering plants. *Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation* 9(2): 1–10.
- Shamrov I.I., Anisimova G.M., Babro A.A. 2021. Tapetum types and forms in angiosperms. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B*. 75(3): 167–179.

#### Скимминг генома: перспективы применения для филогенетических и популяционно-генетических исследований грибов и миксомицетов

Genome skimming: perspectives for phylogenetic and population genetic studies of Fungi and Myxomycetes

Щепин О.Н.

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

*oshchepin@gmail.com*

Скимминг генома (genome skimming; to skim – снимать сливки; бегло и поверхностно прочитывать текст) представляет собой секвенирование генома с низкой глубиной прочтения (1–30×). При таком неглубоком секвенировании прочтенными оказываются последовательности преимущественно многокопийных участков генома – кластеры рибосомных генов и митохондриальный геном, геном пластид, ДНК-транспозоны и ретроэлементы, некоторые ядерные гены (например, гены гистонов). Таким образом, этот метод является относительно недорогим способом получить последовательности больших фрагментов генома. Получаемые данные могут быть использованы как ДНК-штрихкод для видового определения организма с высоким разрешением, а также как основа для филогеномных реконструкций и для популяционно-генетических исследований.

В сравнении с другими методами получения мультигенных данных, скимминг генома имеет ряд преимуществ. Он не требует предварительных знаний о геноме организма, не считая его приблизительного размера, так как не требует ПЦР-амплификации со специфическими праймерами. Получаемые данные покрывают сразу все классические участки генома, используемые для ДНК-штрихкодирования (ITS1 и ITS2, 18S, 28S, COI), поэтому их можно сопоставлять с накопленными обширными базами этих штрихкодов. Кроме того, этот метод позволяет анализировать сильно деградировавшую ДНК, в том числе ДНК, выделенную из старых гербарных образцов.

По мере снижения стоимости геномного секвенирования и появления новых методов высокопроизводительного секвенирования, скимминг генома в последние годы стал более доступным и начал набирать популярность. Большинство опубликованных на данный момент исследований, основанных на данном методе, использовали в качестве объектов растения, меньшее количество – позвоночных и беспозвоночных животных. При этом к концу 2021 года лишь три статьи были посвящены грибам.

В лекции будет рассмотрена методология скимминга генома, преимущества и ограничения этого метода и перспективы его применения в филогенетических и популяционно-генетических исследованиях грибов и миксомицетов.

**Видовой состав фитоперифитонных сообществ реки Свислочь  
в условиях антропогенной нагрузки города Минска**  
Species composition of phytoperiphyton communities of the river Svisloch  
under conditions of anthropogenic load in Minsk

Васильченко Д.В., Шевелева О.А.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

*vasilchenkodiana@mail.ru*

Фитоперифитон из-за соединения с субстратом представляет большую значимость при оценке качества воды и дает возможность судить о ее загрязнении за определенный промежуток времени, так как формируется годами. Река Свислочь в черте города Минска протекает по искусственно созданному бетонно-гранитному руслу, что создает условия для развития фитоперифитона. Она получает четвертую часть антропогенной нагрузки, которая распространяется на все водные системы Беларуси. Биогенные элементы провоцируют активное развитие водорослей обрастания.

В ходе исследования было выбрано пять точек отбора фитоперифитона от верховья реки к ее низовью, с различным уровнем антропогенной нагрузки и загрязнений. Сбор материала проводился в весенне-осенний период. Анализ проб, которые были собраны в этот период, отличается упорядоченностью водного и температурного режима.

В ходе исследования в составе фитоперифитонного сообщества реки Свислочь было выявлено 80 видов водорослей, относящихся к 4 отделам: Cyanophyta (Синезеленые водоросли) – 10 видов (12%), Bacillariophyta (Диатомовые водоросли) – 45 видов (56%), Xanthophyta (Желтозеленые водоросли) – 3 вида (4%), Chlorophyta (Зеленые водоросли) – 22 вида (28%).

Наиболее часто встречаемые представители отдела Cyanophyta: *Coelosphaerium dubium* Crun., *Oscillatoria* sp., *O. agardhii* Gom, *O. irrigua* (Kütz.) Gom. Отдел Xanthophyta представлен видами *Tribonema* sp., *T. minus* (Klebs) Hazen., *T. vulgare* Pascher. В отделе Chlorophyta преобладают виды: *Ulothrix zonata* (Web. et Mohr.) Kütz., *Stigeoclonium amoenum* Kützing, *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kütz. Наиболее часто встречаемые представители отдела Bacillariophyta: *Fragilaria pinnata* Ehr., *Staurosira* sp., *Stauroneis* sp., *Symbella tumida* (Bréb.) V.H.

Доминирующие по видовому составу – диатомовые водоросли, которые являются группой, одной из самых многочисленных по количеству видов и в целом в Беларуси. Именно они являются основой фитоперифитонных сообществ.

**Новые и интересные водоросли Верхней Волги**

New and interesting algae of the Upper Volga

Вишняков В.С.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Ярославская область, Россия

*aeonium25@mail.ru*

Несмотря на колоссальное экономическое значение Волги – крупнейшей реки Европы – её водоросли, особенно бентосные, остаются слабо изученными. В докладе приводятся данные о новых и малоизвестных водорослях водохранилищ Верхней Волги.

В результате исследований проб поверхностных донных отложений Рыбинского водохранилища – одного из крупнейших искусственных водоёмов мира возрастом 80 лет – нами были обнаружены один новый для науки вид, *Placoneis mologaensis* Vishnyakov, и один редкий вид с дизъюнктивным ареалом, *Petroplacus pantocksekii* (Wislouch et Kolbe) Vishnyakov. Новый *Placoneis* принадлежит группе крупноклеточных представителей рода и имеет необычный паттерн ареол: на лицевой стороне створки они варьируют по форме от круглой до щелевидной. Критический анализ литературных данных позволил показать, что этот вид уже встречался в позднечетвертичных отложениях бореальной зоны Европы, однако находки в Рыбинском водохранилище пока являются единственными современными (Vishnyakov, 2020). *Petroplacus pantocksekii* – это новая комбинация на основе *Navicula platystoma* var. *pantocksekii* Wislouch et Kolbe. Разновидность впервые была описана из Онежского озера (Вислоух, Кольбе, 1916). Анализ морфологии показал её принадлежность недавно описанному на байкальском материале роду *Petroplacus*. Находки в Волге и критический анализ литературных данных показали, что этот род не ограничен в распространении Байкалом, но имеет панголарктический ареал (Vishnyakov, 2019).



Новым для Волги видом является *V. compacta* (Collins) Collins ex Taylor, двудомный вид морской секции *Piloboloideae* жёлто-зелёных водорослей рода *Vaucheria*. Он отмечен на речных плёсах Рыбинского, Горьковского, Чебоксарского водохранилищ, а также ниже Волгограда. В докладе показано, что Волга – это часть приобретённого ареала, в которой вид натурализовался, а нативный ареал включает атлантические побережья Европы и Северной Америки.

Работа выполнена в рамках госзадания ИБВВ РАН, тема № 121051100099-5.

### **Бентосные Цианопрокариота прибрежной зоны архипелага Берёзовые острова (Финский залив, Балтийское море)**

Benthic Cyanoprokaryota of the Beryozovye Islands archipelago coasts (The Gulf of Finland, The Baltic Sea)  
Горин К.К.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;  
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия  
*gorinbio@gmail.com*

Архипелаг «Берёзовые острова» находится на северо-западе глубоководного района восточной части Финского залива Балтийского моря. Территория островов и прилегающая к ним акватория с 1994 г. признаны водно-болотными угодьями международного значения, а с 1996 г. – имеют статус регионального государственного природного комплексного заказника. Сведения об альгофлоре района ограничиваются публикациями о водорослях внутренних водоёмов островов, морских макроводорослях и фитопланктоне. Данные о бентосных цианопрокариотах прибрежий архипелага ранее отсутствовали.

Выявлено 77 видов представителей Цианопрокариота из 33 родов, 20 семейств и 7 порядков. Наибольшим таксономическим разнообразием отличался порядок *Synechococcales*, включающий 30 видов из 11 родов и 5 семейств. Меньшим количеством таксонов были представлены порядки *Nostocales* – 23 вида из 9 родов и 6 семейств, *Oscillatoriales* – 11 видов из 6 родов и 2 семейств, *Chroococcales* – 4 видов 3 родов и 3 семейств, *Pseudanabaenales* – 4 вида из 1 рода и 1 семейства, *Pleurocapsales* – из 2 вида из 2 родов и 2 семейств, *Chroococciopsidales* был представлен всего одним видом из одного рода. Среди выявленных видов 8 являются новыми для российской акватории восточной части Финского залива.

Экологический анализ видового состава цианопрокариот показал преобладание бентосных форм (61 вид) над планктонными (16 видов), разнообразие последних, характерно для подверженных ветроволновым воздействиям мелководий залива. По отношению к солёности 22 вида являются пресноводными, 15 – пресноводно-солонатоводными, 12 – солонатоводными и 3 эвригалными. Для 25 видов галобные характеристики не установлены.

Выявлено 7 потенциально токсичных видов, среди которых ранее в различных популяциях регистрировались продуценты гепато- и нейротоксинов. Обнаруженные виды – *Microcrocis sabulicola* (Lagerh.) Geitl. и *Woronichinia karelica* Kom. et Kom.-Legner. – занесены в Красную книгу Ленинградской области и имеют статус уязвимых.

### **Роль автофагии в стрессоустойчивости и активации биосинтеза астаксантина у микроводоросли *Haematococcus lacustris***

Role of autophagy in resistance to salt stress and in astaxanthin synthesis in the microalgae *Haematococcus lacustris*

Жарова Д.А.<sup>1</sup>, Иванова А.Н.<sup>2</sup>, Болдина О.Н.<sup>2</sup>, Дроздова И.В.<sup>2</sup>, Тютерева Е.В.<sup>2</sup>, Войцеховская О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный педагогический институт им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

*odonato@bk.ru*

Одноклеточная зелёная микроводоросль *Haematococcus lacustris* (Girod-Chantrons) Rostafinski является источником промышленного получения пигмента астаксантина, который обладает антиоксидантными свойствами. Астаксантин накапливается в клетках водоросли в липидных каплях в стрессовых условиях. Однако стресс часто вызывает массовую гибель клеток *H. lacustris*, что отрицательно влияет на выход астаксантина. Автофагия – цитопротекторная программа, которая активируется при ряде стрессов и обеспечивает выживание. У зелёных микроводорослей автофагия необходима и для осуществления биосинтеза триацилглицеролов и биогенеза липидных капель. В этом исследовании изучалась возможность улучшения выживаемости клеток *H. lacustris* в условиях солевого стресса путем манипулирования уровнями автофагии с использованием *AZD8055*, ингибитора киназы

TOR, который ускоряет автофагию у некоторых микроводорослей. Культура *H. lacustris* выращивалась при оптимальном составе среды, люминесцентном освещении, постоянном продувании и температуре +24°C. Для стимуляции накопления астаксантина культура выращивалась на среде с 0,2% NaCl (м/об) и 0,8% NaCl (м/об), с добавлением или в отсутствие акселератора автофагии AZD8055. Автофагосомы визуализировали с помощью метода непрямой иммуофлуоресценции с антителами к белку ATG8, и с помощью ТЭМ. Оценивали также содержание ионов калия и натрия, динамику выживаемости клеток и уровень накопления каротиноидов. Добавление NaCl к питательной среде индуцировало образование автофагосом у *H. lacustris*, а одновременное добавление AZD8055 дополнительно стимулировало этот процесс. AZD8055 значительно улучшил выживаемость клеток *H. lacustris* после 5 дней воздействия 0,2% NaCl за счет ускорения роста клеток, но при этом не влиял на уровень синтеза астаксантина. Цитологические данные указывают на роль автофагосом, лизосом и аппарата Гольджи в ремоделировании клеток при сильном солевом стрессе.

Исследование поддержано РНФ (грант №18-16-00074).

### Фитопланктон озера Большое Святое (Нижегородская область)

Phytoplankton of Bolshoe Svyatoye Lake (N. Novgorod region)

Журова Д.А.<sup>1</sup>, Кулизин П.В.<sup>1</sup>, Шарагина Е.М.<sup>1</sup>, Воденеева Е.Л.<sup>1,2</sup>, Старцева Н.А.<sup>1</sup>, Охапкин А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия;

<sup>2</sup>Нижегородский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Нижний Новгород, Россия

ruthheatherale@gmail.com

Карстовые озёра – актуальные объекты гидробиологических исследований, поскольку отличаются разнообразными морфометрическими параметрами, специфическим гидрологическим режимом и уникальностью флоры и фауны.

Озеро Большое Святое – крупнейшее озеро карстового происхождения в Нижегородской области, относится к бассейну р. Тёша. Водоём неправильной формы, вытянут в широтном направлении, максимальная глубина – 20,6 м. Озеро димиктического типа с выраженной летней стратификацией, I типа кальциевой группы, в летний период характеризуется низкой минерализацией (~30 мг/л) и низким содержанием биогенных элементов, насыщение кислородом варьирует от 75% до 83%.

Гидробиологические исследования проводились в летний период на 8 станциях в 2020 г. и 10 станциях в 2021 г. Пробы фитопланктона отбирали батометром Руттнера, далее проводилась их подготовка к микроскопическому анализу согласно стандартной методике.

Значения биомассы варьировали от 0,060 до 0,481 г/м<sup>3</sup> в 2020 г. от 0,024 до 0,214 г/м<sup>3</sup> в 2021 г. Преобладающие по биомассе группы – Ochrophyta (*Dinobryon divergens*, виды рода *Cyclotella*) в 2020 г. и Chlorophyta (*Sphaerocystis planctonica*, *Tetraedron caudatum*) в 2021 г.; по численности – Cyanophyta (*Aphanothece clathrata*, *Gloeocapsa minima*) за весь период. Выделено 15 функциональных групп: F, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, J, P, N, B, C, D, MP, L<sub>0</sub>, H<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, E. Индекс сапробности по биомассе (S<sub>B</sub>) варьировал от 1,56 до 1,93, по численности (S<sub>N</sub>) – от 1,68 до 2,11 (III класс β-мезосапробной зоны, «умеренно загрязненные»).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 20-04-01005А.

### Влияние экзогенных органических субстратов на метаболитный профиль одноклеточной водоросли *Euglena gracilis*

Effect of exogenous organic substrates on the metabolite profile of the microalgae *Euglena gracilis*

Замяткина Е.Б.<sup>1</sup>, Гулк Е.И.<sup>1</sup>, Биркемайер К.<sup>2</sup>, Тараховская Е.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Университет Лейпцига, Лейпциг, Германия

lizatekna@mail.ru

*Euglena gracilis* Klebs обладает способностью ассимилировать углерод как в неорганической форме в ходе фотосинтеза, так и используя широкий спектр экзогенных органических субстратов. При миксотрофном росте в клетках эвглены происходит перестройка ряда ключевых физиолого-биохимических процессов, что отражается на метаболоме клетки. Целью данной работы является сравнение метаболитных профилей клеток *E. gracilis*, растущих в миксотрофных условиях в присутствии различных органических субстратов.

Культуру *Euglena gracilis* (штамм Z) выращивали на среде Cramer-Myers (25°C, освещение 50  $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}$ ) автотрофно (контроль) или в присутствии органических субстратов (этанол, глюкоза, бутанол, глицин, глицерин). Для анализа профиля низкомолекулярных метаболитов в клетках использовали метод газовой хроматографии – масс-спектрометрии.

В метаболоме эвглены было идентифицировано более 150 соединений, при этом доминирующими метаболитами были маннит, глюкоза и ее производные, органические кислоты цикла Кребса, некоторые аминокислоты, а также восковые эфиры и их производные. Клетки, выращенные на этаноле и глюкозе, накапливали наибольшее количество дисахаридов (трегалоза, манноза) и восковых эфиров (миристил-миристат, цетил-миристат). В клетках, метаболизирующих бутанол, преобладали моносахариды (глюкоза, рибоза, мальтоза). В присутствии глицерина и особенно глицина в клетках накапливались свободные аминокислоты (глутаминовая кислота, валин, глицин и др.).

Глюкоза и этанол являются для эвглены легкоусвояемыми субстратами: в их присутствии в клетках существенно снижается интенсивность фотосинтеза, и основным путем получения энергии становится дыхание. По-видимому, дополнительный углерод при этом преимущественно расходуется на синтез запасных соединений. Усвоение прочих субстратов сопровождается энергозатратной перестройкой метаболизма клеток (в т.ч., путем биосинтеза ферментов), в связи с чем возрастает потребность в аминокислотах.

*Проект выполняется при поддержке РФФИ (грант № 20-04-00944).*

### **Функциональное состояние фитопланктона Невской губы Финского залива в зоне интенсивного прибрежного строительства**

Functional state of phytoplankton of the Neva bay of the Gulf of Finland in the zone of intensive coastal construction

Зуй Е.С., Исламова Р.Т., Тараховская Е.Р.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
*catzuj@gmail.com*

Невская губа – водоем, находящийся под сильным антропогенным воздействием. С реализацией проекта «Морской фасад», включающий намыв новых территорий и их освоение, давление на акваторию значительно возросло.

Целью работы является оценка состояния акватории, прилегающей к территории строительных работ за счет анализа физиологических характеристик фитопланктона. Исследование проводилось в период 2020–2021 годов. Были выбраны две станции: на территории ООПТ «Северное побережье Невской губы» (контрольная) и вблизи строительной площадки. В пробах оценивалось содержание фотосинтетических пигментов (Хл «А», «В» и «С»), феофитина и каротиноидов) и общего белка. Биомасса фитопланктона и его доля от общей массы сестона рассчитывалась по количеству общего белка и Хл «А». Доля неокисленного Хл «А» использовалась как показатель благополучия фитопланктона. Отдельно производился отбор воды для оценки гидрохимических параметров: БПК<sub>5</sub>, количества растворенного кислорода, концентрации макроэлементов.

Гидрохимический анализ показал различия между станциями по содержанию  $\text{NH}_4^+$  катиона – в контроле его концентрация в 2 раза выше, чем в воде со второй станции. Значения ХПК для последней были выше во все сезоны, кроме летнего. Физиологический анализ также показал различия между станциями. Биомасса фитопланктона выше в контроле (127,45 против 62,35 мг сух. м/м<sup>3</sup> осенью, 346,4 против 121,1 мг сух. м/м<sup>3</sup> весной и летом). Доля фитопланктона от общей биомассы сестона в контроле на 40% выше, чем в водах вблизи строительной площадки. Доля неокисленного Хл «А» в контроле также выше (93,85% против 89%). По таксономическому составу в воде вблизи стройки осенью доминируют таксоны с Хл «С» в пластидах. Все эти показатели свидетельствуют об угнетенном состоянии фитопланктона в воде вблизи зоны строительных работ. Таким образом, фитопланктон в водах вблизи зоны интенсивного прибрежного строительства находится в угнетенном состоянии. Негативное влияние предположительно выражается в повышении мутности воды. Результаты исследования являются промежуточными.

**Биохимические адаптации верхнелиторальной водоросли *Pelvetia canaliculata* (Phaeophyceae) к приливно-отливному циклу**

Biochemical adaptations of the high intertidal algae *Pelvetia canaliculata* (Phaeophyceae) to the tidal cycle

Исламова Р.Т.<sup>1</sup>, Зуй Е.С.<sup>1</sup>, Яньшин Н.А.<sup>1</sup>, Биркемайер К.<sup>2</sup>, Тараховская Е.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Университет Лейпцига, Лейпциг, Германия

renatula.isl@mail.ru

*Pelvetia canaliculata* (L.) Decaisne & Thuret – морская бурая водоросль, типичным местообитанием которой являются трещины скал у верхней границы литорали. В ходе приливного цикла эта водоросль лишь ненадолго заливается водой, и большую часть времени находится на осушке, подвергаясь воздействию солнечной радиации и резких колебаний температуры. Целью данной работы является изучение биохимических адаптаций, позволивших *P. canaliculata* успешно освоить данный биотоп.

Сбор материала проводили на побережье Белого моря в период сизигийных приливов на четырех фазах цикла: малая вода, прилив, большая вода и отлив. Дополнительно были смоделированы условия квадратурного приливного цикла: водоросли выдерживали на осушке в течение трех суток, после чего вновь помещали в воду. Исследовали степень увлажненности талломов пельвеции, кислотность тканей, содержание  $H_2O_2$  и малонового диальдегида (МДА), а также профиль низкомолекулярных метаболитов.

Показано, что суточные колебания увлажненности талломов, происходящие в ходе приливного цикла, не приводят к накоплению биохимических маркеров стресса ( $H_2O_2$ , МДА) в клетках пельвеции. Небольшие изменения содержания  $H_2O_2$ , по-видимому, указывают на сигнальную роль этой молекулы в перестройке метаболизма водоросли для функционирования в водной или воздушной среде. Неконтролируемая генерация  $H_2O_2$  в клетках с последующей активацией процессов перекисного окисления липидов и накоплением МДА наблюдалась только после трехдневной осушки при моделировании квадратурного цикла. Содержание воды в талломах пельвеции в течение приливного цикла меняется от 20 до 68% сырой массы. Такая значительная амплитуда колебаний увлажненности, более характерная для лишайников, чем для растений, может быть связана с присутствием в талломах пельвеции эндофитного гриба. При погружении в воду в клетках пельвеции накапливаются аминокислоты и фенольные соединения. На осушке в талломах возрастает содержание сахаров и метаболитов липидного обмена.

Проект выполняется при поддержке РФФИ (грант № 20-04-00944).

**Род *Dolichospermum* во флоре водоемов Свердловской области**

The genus *Dolichospermum* in the flora of water bodies of the Sverdlovsk region

Корбут Д.Е., Еремкина Т.В.

Уральский филиал ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии («УралНИРО»), Екатеринбург, Россия

trifolium777@mail.ru

Водный фонд Свердловской области, представленный разнообразными типами водоемов, богат и малоизучен. В данной работе обобщены литературные и собственные данные многолетних исследований (1933–2021 гг.) 76 разнотипных водных объектов Свердловской области (34 реки, 22 озера, 14 водохранилищ и 6 прудов). При анализе данных за основу классификации принята систематика, используемая в альгологической базе данных AlgaeBase.

Современный таксономический список цианобактерий исследуемых водоемов Свердловской области насчитывает 193 вида, разновидности и формы. Из рода *Dolichospermum* выявлено 12 таксонов, что составляет 6,2% общего таксономического разнообразия. Наиболее разнообразны представители рода в озерах (11 видов), наименьшее число таксонов выявлено в прудах области (5 видов). Из них наиболее часто встречаются следующие виды: *Dolichospermum flos-aquae* (Bréb. ex Born. & Flah.) Wacklin et al. – частота встречаемости 30%, *D. scheremetieviae* (Elenk.) Wacklin et al. – 17%, *D. perturbatum* (H.Hill) Wacklin et al. – 10%, *D. spiroides* (Born. & Flah.) Woronich. – 10%.

Из 12 таксонов восемь являются обычными возбудителями «цветения» воды, в основном это  $\beta$ -мезосапробы. В отдельные годы наблюдается их массовое развитие. Так, в 2012 и 2016 гг. с конца июля до середины августа максимальная численность *Dolichospermum flos-aquae* в Белоярском водохранилище достигала 7,0 млн. кл/л, биомасса – 0,62 г/м<sup>3</sup>, *Dolichospermum spiroides* – 26,2 млн. кл/л и 7,03 г/м<sup>3</sup>. По литературным данным пять видов (*Dolichospermum circinale* (Rabenh. ex Born. & Flah.) Wacklin et al., *D. flos-aquae*, *D. lemmermannii* (Richter) Wacklin et al., *D. solitarium* (Klebahn) Wacklin et al., *D. spiroides*) являются токсичными.



Учитывая важное значение представителей рода для биоценозов водоемов, развитие, видовой состав и распространение рода в пределах Свердловской области нуждаются в дальнейшем изучении.

### Культивируемые цианобактерии антарктических гиполитных сообществ оазиса Холмы Ларсеманн

Cultivated cyanobacteria of Antarctic hypolithe communities of the Larsemann Hills oasis

Рабочая Д.Е., Величко Н.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

st069414@student.spbu.ru

Континентальная часть Антарктиды покрыта ледяным щитом, и только небольшие участки (0,35% площади материка), называемые оазисами, свободны от него. В пределах оазисов встречаются разные типы почв, формирование которых происходит в экстремальных климатических условиях. В большинстве таких экотопов обнаружены сообщества микроорганизмов, состоящие из гетеротрофных бактерий, микромицетов, цианобактерий и эукариотических микроводорослей. В почве они часто встречаются в гиполитных горизонтах. В таких сообществах основным фототрофным компонентом и первичным продуцентом могут выступать эукариотические микроводоросли и цианобактерии. Таксономическое разнообразие последних изучено недостаточно.

Нами были отобраны 10 образцов антарктических почв, собранных в ходе 61 Российской Антарктической экспедиции (2015–2016 гг.), из которых нами были получены лабораторно-культивируемые консорциумы фототрофных микроорганизмов. Выделенные из них штаммы сформировали уникальную рабочую коллекцию антарктических почвенных цианобактерий. Их таксономическую принадлежность определяли с помощью методов световой микроскопии (Leica DM2500).

Рабочая коллекция цианобактерий включает представителей Субсекции III («*Oscillatoriales*») и Субсекции IV («*Nostocales*»): роды *Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Nodosilinea*, *Phormidesmis*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Hassalia* и *Tolypotrix*. В проанализированных нами почвенных образцах наиболее часто встречались *Nostoc punctiforme* (Kützing ex Hariot) Hariot, *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet et Flahault, *Leptolyngbya foveolarum* (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis et Komarek и *Phormidesmis* sp. Среди одноклеточных цианобактерий доминировали представители *Chroococcus* sp., *Gloeocapsa* sp. и *Geminobacterium* sp. Из образца десквамационной плитки нами был выделен в культуру и описан эндолитный представитель Субсекции II – *Chroococcidiopsis* sp.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-24-00590 на базе РЦ СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий», «Хромас» и «Культивирование микроорганизмов».

### *Chalicogloea* sp. и другие цианобактерии слабоосвещенных местообитаний Ленинградской области и Республики Карелия, Россия

*Chalicogloea* sp. and other cyanobacteria of low light habitats of the Leningrad Region and the Republic of Karelia, Russia

Родина О.А.<sup>1</sup>, Давыдов Д.А.<sup>1</sup>, Вильнет А.А.<sup>1</sup>, Панова Е.Г.<sup>2</sup>, Власов Д.Ю.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, Апатиты, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

oksid93@bk.ru

В 2016–2019 гг. авторами изучены эпилитные сообщества цианобактерий в штольнях вблизи г. Выборг (гранит-рапакиви) и горного парка «Рускеала» (рускеальский мрамор). По морфологическим признакам выявлено 10 видов: *Aphanocapsa* sp., *Aphanocapsa* cf. *fusco-lutea* Hansg., *Chalicogloea* sp. (изначально определен как *Chroococcus* sp. 1), *Chroococcus* sp., *Gloeocapsa atrata* Kütz., *Gloeocapsa kuetzingiana* Näg., *Gloeocapsopsis magma* (Breb.) Komarek et Anagn., *Gloeocapsa violascea* (Corda) Rabenh., *Leptolyngbya* sp., *Leptolyngbya gracillima* (Zopf ex Hansg.) Anagn. et Komárek.

В культуру выделено шесть штаммов: *Chalicogloea* sp., *Phormidesmis* sp., *Nodosilinea* sp., *Leptolyngbya* sp., *Nostoc* sp., *Calothrix elenkinii* (только с мрамора). Морфология штамма близкого к типовому виду *Chalicogloea cavernicola* Roldan et al. 2013 (Chroococcaceae, Chroococcales) соответствует диагнозу рода. Это одноклеточная цианобактерия с почти сферическими клетками, которые делятся неравномерно, образуя небольшие скопления, погруженные в расплывающийся слизистый слой.

*Chalicogloea cavernicola* описан из кальцитовых спелеотем и стен в выставочной пещере в Кольбато (Collbato), Барселона, Испания. *Chalicogloea* можно спутать с *Gloeocapsa*, *Pseudocapsa* и *Gloeocapsopsis* (похож по своей экологии, форме колоний и особой оболочке вокруг отдельных клеток; однако клетки имеют более неправильную форму, а слоистые оболочки обычно интенсивно окрашены пигментом). Также важной особенностью *Chalicogloea* является приуроченность к слабоосвещенным каменистым поверхностям. При этом основным критерием идентификации рода *Chalicogloea* является анализ нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК.

По данным метагеномного анализа в изученных бактериальных сообществах доля *Chalicogloea* sp. составляет больше 50%. Анализируя последовательности гена 16S рРНК штаммов *Chalicogloea* sp., выделенных нами, и сравнивая их со схожими последовательностями из GenBank, можно предположить, что данный род является малоизученным, но широко распространенным таксоном.

### Новый представитель рода *Rhizochromulina* из Арктики: морфология, ультраструктура и положение на эволюционном древе диктиохофитовых водорослей

A novel representative of the genus *Rhizochromulina* from Arctic: morphology, ultrastructure and position on the evolutionary tree of Dictyochophytes

Сафонов П.Ю.<sup>1</sup>, Бердиева М.А.<sup>1</sup>, Насонова Е.С.<sup>1,2</sup>, Поздняков И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
spy.ixz@gmail.com

Dictyochophyceae – таксон преимущественно морских одноклеточных водорослей из группы Ochrophyta. Входящий в него отряд Rhizochromulinales содержит два рода – *Ciliophrys* и *Rhizochromulina*. Последний включает в себя единственный описанный вид – *Rhizochromulina marina* D.J. Hibberd & Chrétiennot-Dinet. Впервые *R. marina* была обнаружена в Средиземном море, также выделены многочисленные штаммы, не имеющие формального описания. Малоподвижные амeboидные клетки *R. marina* образуют филоподии и способны формировать биооплётки. Также эти микроорганизмы могут образовывать одножгутиковые подвижные клетки. Таким образом, они являются амёбофлагеллятами.

В 2019 г. из скальной ванны, расположенной в супралиторальной зоне о. Ряжков (территория Кандакшского государственного природного заповедника, Белое море) был изолирован микроорганизм, морфологически схожий с *R. marina*. Секвенирование гена 18S рРНК подтвердило его принадлежность к роду *Rhizochromulina*. Данная водоросль является первым обнаруженным в Арктике представителем этого рода.

Последовательности генов 18S рРНК водорослей из изучаемого рода были использованы для проведения анализа гаплотипов и филогенетического анализа. В результате сделан вывод о нечеткости границ вида *R. marina* и необходимости ревизии рода *Rhizochromulina*. Так, в последовательности гена 18S рРНК обнаруженной нами водоросли содержатся многочисленные уникальные однонуклеотидные замены, а также две вставки из нескольких нуклеотидов, что может быть аргументом для выделения её в самостоятельный вид.

Мы также исследовали морфологические и ультраструктурные особенности обнаруженного организма. Было установлено, что амёбно-жгутиковый переход может быть запущен при длительном перемешивании культуральной жидкости, а при обратном превращении клетка может как отбрасывать, так и втягивать жгутики. Удалось обнаружить, что амeboидные клетки могут перемещаться за счет сокращения филоподий, а внутри филоподий может проходить активный транспорт везикул. Наконец, филоподии соседних клеток могут сливаться.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, грант РФФ № 21-74-00087.

### Регуляция внутриклеточных уровней оксида азота (II)

#### у нефотосинтезирующей одноклеточной водоросли *Polytomella parva*

Regulation of intracellular levels of nitric oxide (II) in non-photosynthetic unicellular algae *Polytomella parva*

Стаинов В.Р., Лапина Т.В., Пузанский Р.К., Ермилова Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
st067882@student.spbu.ru

Одноклеточная водоросль *Polytomella parva* E.G. Pringsh. в процессе эволюции утратила хлоропластный геном и способность к фотосинтезу. Кроме того, *P. parva* не способна расти на нитрате

или нитрите из-за отсутствия транспортеров нитратов и нитритов, а также ферментов нитратредуктазы и нитритредуктазы. Как результат, клетки водоросли не могут использовать нитрит-зависимые механизмы (нитратредуктазу, NO-формирующую нитритредуктазу, компоненты ЭТЦ) в генерировании оксида азота (NO). Однако результаты спектрофлуориметрического анализа и конфокальной микроскопии показали, что *P. parva* формирует NO.

С помощью газовой хроматографии-масс-спектрометрии показано, что путресцин, который синтезируется в клетках *P. parva*, не является субстратом для генерирования NO. Клетки нефотосинтезирующей водоросли формируют NO по окислительному пути. Полученные данные предполагают наличие у *P. parva* функционального аналога NO-синтаз животных, который катализирует формирование оксида азота из аргинина.

*P. parva* использует экзогенный аргинин в качестве источника азота. Установлено, что при росте на аргинине в качестве источника азота происходит аргинин-зависимое генерирование NO, который используется клетками *P. parva* для нитрозилирования белков. Полученные данные показывают, что стратегия использования NO для посттрансляционной модификации белков у *P. parva* сходна с той, которая была описана ранее у некоторых водорослей и высших растений, хотя механизм NO-формирования, по-видимому, уникален.

### **Шовные диатомовые водоросли водоемов Звенигородской биологической станции**

Raphid diatoms from the water bodies of Zvenigorod biological station

Цеплик Н.Д., Чудаев Д.А.

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

*ntseplik@gmail.com*

Звенигородская биостанция (ЗБС) представляет большой интерес для диатомологов, поскольку на ее территории расположено много разнотипных водоемов. Несмотря на то, что инвентаризация диатомовой флоры биостанции способна внести значительный вклад в изучение флоры Московской области в целом, соответствующие исследования проводились здесь только эпизодически. В нашей работе мы сосредоточились на группе шовных диатомовых, поскольку они составляют подавляющее большинство видов в пресных водоемах.

В июле 2020 г. нами были отобраны пробы донных осадков, обрастаний и планктона из Москвы-реки, трех прудов, трех болот и нескольких мелких водоемов Звенигородской биостанции. Материал был изучен с помощью световой (СМ) и сканирующей электронной (СЭМ) микроскопии.

Всего нами было отмечено 129 видов шовных диатомей из 32 родов. Для каждого вида были составлены подробные морфологические описания на основе СМ и СЭМ. Самые богатые в плане числа видов роды – *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Pinnularia* и *Eunotia*. Наибольшее разнообразие видов отмечено в прудах; наименьшее – в ручьях. Сравнение нашего списка видов с литературными данными показало, что многие виды отмечены нами на территории ЗБС впервые.

В процессе исследования нами были обнаружены представители сложных видовых комплексов *Sellaphora ripula* и *Cocconeis placentula*. Эти комплексы требуют дальнейшего изучения, поскольку идентифицировать входящие в них виды только по морфологии сложно, и требуется использование других методов.

Наша работа является важным шагом на пути к полной инвентаризации диатомовой флоры ЗБС. Она расширяет наши представления о флоре Московской области, а также может быть использована как справочный материал в дальнейших исследованиях, проводимых на территории биостанции.

### **Новые находки диатомовых водорослей (Bacillariophyta) в Ленинградской области**

New records of diatom species for Leningrad region

Юрчак М.И., Гогорев Р.М.

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

*maur4ak2014@ya.ru*

Степень изученности флор малых рек невысока, а их количество и разнообразие огромно. В связи с этим актуальность такого объекта исследования как малые реки возрастает. В данной работе представлены результаты изучения реофитопланктона и реомикрофитобентоса, пробы которых были отобраны в двух районах Ленинградской области. На севере – в реках Чёрная и Серебристая (Выборгский район) и на юге – в реке Каменке (Лужский район). При изучении сезонной и межгодовой (2017–2020 гг.)

изменчивости флоры вышеупомянутых малых рек был применен метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). При помощи СЭМ было обнаружено пять новых для Ленинградской области видов из отдела Bacillariophyta: *Rossithidium anastasia* (Kaczmarek) Potapova, *Platessa joursacense* (Hérib.) Lange-Bert. и *Karayevia* sp. из семейства *Achnanthesiaceae*, *Eunotia meisteroides* Lange-Bert. из семейства *Eunotiaceae* и *Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bert. & W.Schiller из семейства *Sellaphoraceae*.

В пределах Ленинградской области распределение этих видов неодинаково. Вид *Eolimna minima* отмечен в северных районах Ленинградской области. Вид *Rossithidium anastasia* отмечен на юге Ленинградской области. Такие виды как *Karayevia* sp., *Platessa joursacense*, *Eunotia meisteroides* встретились как на севере, так и на юге Ленинградской области.

В докладе помимо дополнения указанных данных будут рассмотрены признаки видов и их микроснимки.

*Выражаем благодарность Поляковой Н.В. за сбор проб.*

### **Изменение биохимического состава морских красных водорослей при снижении солености воды**

Variation of the biochemical composition of marine red algae caused by the seawater salinity reduction

Яньшин Н.А.<sup>1</sup>, Биркемайер К.<sup>2</sup>, Тараховская Е.Р.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Университет Лейпцига, Лейпциг, Германия;

<sup>3</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

*kolya1256@gmail.com*

Исследование биохимического состава красных водорослей при изменении экологических условий представляет значительный интерес как с теоретической, так и с прикладной точки зрения. Для морских макрофитов солёность воды является одним из важнейших параметров окружающей среды, определяющих их ареал и продуктивность. Целью данной работы явилось исследование изменения биохимического состава двух видов красных водорослей при снижении солёности воды.

Исследование было выполнено на побережье Белого моря. Объектами служили *Palmaria palmata* (L.) F. Weber & D. Mohr (Palmariales) и *Phycodrys rubens* (L.) Batters (Ceramiiales). Эти два вида водорослей существенно различаются по экологическим предпочтениям. Пальмария – вид с широким толерантным диапазоном, встречающийся как в сублиторали, так и на средней литорали, в т. ч. в частично опресненных водах, в то время как фикодрис – сублиторальная, относительно глубоководная водоросль. Обе водоросли в течение семи суток выдерживали в воде с нормальной (25‰) и пониженной (12.5‰) солёностью, после чего был исследован их биохимический состав.

Показано, что после экспозиции в опресненной воде в талломах обеих водорослей снижается содержание доминирующего фотосинтетического пигмента фикоэритрина. В клетках накапливаются специфические сахара, сахароспирты и их производные (например, седогептулоза, треоновая кислота, рибитол), а также фенольные метаболиты. Отличительной особенностью *P. rubens* является значительное (более, чем на порядок) увеличение содержания в клетках бензойной кислоты и разнообразных жирных кислот (лауриновая, пальмитолеиновая, пентодекановая и др.). Также в талломах этой водоросли было отмечено накопление малонового диальдегида, что свидетельствует об усилении процессов перекисного окисления липидов. Можно предположить, что при экспозиции в воде с пониженной солёностью в клетках *P. rubens* происходит повреждение клеточных мембран.

*Проект выполняется при поддержке РФФИ (грант № 20-04-00944).*



**Новые местонахождения популяций двух видов из семейства Orchidaceae в междуречье Хопёр-Карай (Саратовская область)**

New localities of two orchid species in the Khoپر-Karay interfluve

Арушанян Г.С., Смирнова Е.Б.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

elenaprentam@mail.ru

Во время проведения экспедиций по изучению ресурсов лекарственных растений (2000–2021 гг.) были обнаружены редкие виды семейства Orchidaceae: *Orchis militaris* L. и *Dactylorhiza incarnata* Soo. *O. militaris* занесён в Красную книгу Российской Федерации (2008) как редкий вид, встречающийся спорадически с небольшой численностью популяций, и в Красную книгу Саратовской области (2021) как вид, находящийся под угрозой исчезновения, численность и ареал которого в последние годы сокращаются. *D. incarnata* занесен в Красную книгу Саратовской области как уязвимый вид. Лимитирующие факторы: нарушение местообитаний, изменение режима увлажнения в засушливый период, сбор соцветий на букеты и выкапывание корней населением. Корни исследуемых видов растений содержат 40% слизи, 30% крахмала, 20% белка и обладают лекарственными свойствами.

Местообитание видов – заболочиваемая старица реки Карай, правого притока Хопра. Местоположение – 3 км западнее села Подгорное, Романовского района Саратовской области. Географические координаты – 51°40'26" с.ш., 42°48'35" в.д.; высота над уровнем моря 101 м. Площадь популяции 240 м<sup>2</sup>, плотность экземпляров *D. incarnata* 8-10 экз. на 1 м<sup>2</sup>; *O. militaris* – 1-2 экз. на 1 м<sup>2</sup>.

Популяция *D. incarnata* была обнаружена в 2021 году в Балашовском районе Саратовской области в урочище «Большая мочажина» (в 7 км северо-западнее села Заречное). Географические координаты – 51°69'37" с.ш.; 43°02'39" в.д.; высота над уровнем моря 102 м. Площадь популяции 520 м<sup>2</sup>. Плотность – 12-15 экз. на 1 м<sup>2</sup>.

Данные местонахождения обнаружены впервые. Гербарные образцы переданы в гербарий SARAT СГУ им. Н.Г. Чернышевского. Необходим мониторинг популяций.

**Исследование динамики накопления белка и изменения биомассы в культуре ткани *Cichorium endivia***The investigation of protein accumulation and biomass changes dynamics in *Cichorium endivia* tissue culture

Боровиков Д.Н., Орехова И.А.

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет, Санкт-Петербург, Россия

dmitrij.borovikov@spcпу.ru

Многоступенчатые процессы обмена белков в клетках определяют биосинтетическую активность вторичного метаболизма. Оценка корреляции между накоплением биомассы и содержанием белков может рассматриваться как показатель потенциала культивируемой растительной ткани. Оптимизация состава питательных сред и условий выращивания *in vitro* позволяет управлять биосинтетическим потенциалом клеток и получать штаммы-суперпродуценты вторичных метаболитов. В этом аспекте исследование динамики накопления белка и изменения биомассы в культивируемых тканях ресурсных видов растений представляется перспективным и целесообразным направлением.

Изучение динамики роста культивируемой ткани *Cichorium endivia* проводилось путем измерения ростовых параметров: накопленной массы сырого и сухого вещества, индекса скорости роста, удельной скорости роста по сырой биомассе каллуса. Динамика роста культуры *Cichorium endivia* является характерной для подобных культур, однако временные интервалы фаз имеют специфичную продолжительность. Выделяются фазы роста: лаг-фаза – 1-6 сутки, экспоненциального роста – 7-8 сутки, линейного роста – 9-17 сутки, фаза замедленного роста – 18-20 сутки, стационарная фаза – 21-30 сутки.

Оценка содержания белка показала отсутствие корреляции между его накоплением и приростом биомассы. Динамика накопления белка отражает характерные морфологические изменения ультраструктуры клеток каллусной ткани на различных этапах культивирования. Установлено, что на начальных этапах роста происходило существенное накопление конституционного белка, что по мнению ряда авторов связано с подготовкой каллуса к интенсивной пролиферации.

**Оценка накопления радионуклидов, мышьяка и кадмия в растительном сырье *Hypericum perforatum* L. из Красносельского района Санкт-Петербурга и Лужского района Ленинградской области**

Estimation of radionuclides, arsenic, and cadmium accumulation in harvested *Hypericum perforatum* L. from Krasnoselsky district of St. Petersburg and Luga districts of Leningrad Region

Вольховский А.В.

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

volart86@mail.ru

Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.) – официальное растение, внесенное в Фармакопею России и ряда других стран мира. В качестве лекарственного сырья применяется собранная в фазу цветения и высушенная надземная часть растения. З. продырявленный представляет интерес в качестве источника антраценпроизводных (гиперицин), флавоноидов (рутин), эфирных масел, каротиноидов и др. Экстракты З. продырявленного обладают антидепрессивной, нейропротекторной, ноотропной, анксиолитической активностью, антибактериальным, цитотоксическим, противовоспалительным эффектом, действуют как анальгетики и гипогликемические средства. З. продырявленный имеет широкий ареал, включая территорию Санкт-Петербурга и Ленинградской области, где проводился сбор растительного материала для исследования. Важным при заготовке сырья лекарственных растений является контроль отсутствия загрязнения токсикантами. В литературе есть сведения о способности зверобоя аккумулировать Mo, Se и Cd. Белорусские исследователи в 2014 г. установили, что активность  $^{137}\text{Cs}$  в надземной части зверобоя, собранного на территориях с плотностью загрязнения 370–555 кБк/м<sup>2</sup>, может составлять 280.15 Бк/кг при норме 400 Бк/кг.

Цель исследования: оценка накопления естественных и техногенных радионуклидов, а также Cd и As, в надземной части растений З. продырявленного. Для анализа отобрали 9 проб, массой 580–600 г. надземной части растений (не менее 170 г воздушно-сухой массы) из трех популяций на территории Красносельского района Санкт-Петербурга и Лужского района Ленинградской области. Активность радионуклидов измеряли на спектрометре «ПРОГРЕСС» по стандартной методике ОФС.1.5.3.0001.15. Пробы озоляли и исследовали содержание кадмия методом атомно-абсорбционной спектрометрии, а содержание As инверсионно-вольт-амперным методом (ИВА), согласно ОФС.1.5.3.0009.15. В исследованных образцах зафиксирована удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  от 19.9 до 40.6 Бк/кг, содержание As ниже 0.05 мг/кг, Cd 0.0018–0.0002 мг/кг). Активность природных радионуклидов составила для  $^{226}\text{Ra}$  30.8–50.5, для  $^{232}\text{Th}$  65.6–86.6, для  $^{40}\text{K}$  53.7–82.7 по  $\beta$ -составляющей и 684–730 Бк/кг по  $\gamma$ -составляющей радиоактивности. Низкая активность  $^{90}\text{Sr}$  (0.33–0.55 Бк/кг). Полученные данные свидетельствуют о пригодности исследованного растительного сырья З. продырявленного для изготовления лекарственных средств, так как все нормируемые показатели не достигают предельных значений.

**Лекарственные растения меловых отложений устья балки Малоголубинской  
Калачевского района Волгоградской области**

Medicinal plants of the cretaceous deposits of the Malogolubinskaya gulch mouth  
in Kalach District of Volgograd Region

Дьякова В.Д., Мурзагалиева А.Р., Служенко А.С., Рулева А.А.

МОУ «Средняя школа с углубленным изучением отдельных предметов № 106 Советского района

г. Волгоград», Волгоград, Россия

nastyaruleva@rambler.ru

В результате проведенных натурных исследований меловых отложений устья балки Малоголубинской обнаружены следующие виды лекарственных растений: *Achillea* sp., *Artemisia absinthium* L., *Astragalus* sp., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Crataegus* × *kyrtostyla* Fingerh., *Elaeagnus angustifolia* L., *Ephedra distachya* L., *Fumaria officinalis* L., *Glycyrrhiza echinata* L., *Hyoscyamus niger* L., *Lithospermum officinale* L., *Onosma* sp., *Persicaria ampibia* (L.) Delabre, *Potentilla tormentilla* Neck., *Rhamnus* sp., *Rosa* sp., *Rumex confertus* Willd., *Salix alba* L., *Salvia nutans* L., *Tanacetum achillefolium* (M. Bieb.) Sch. Bip., *Thymus calcareus* Klokov & Des.-Shost., *Veronica* sp., *Xanthium strumarium* L.

Полученные данные по видовому разнообразию 23 видов лекарственных растений на меловых отложениях устья балки Малоголубинской дополняют данные по характеристике территориальной приуроченности этих растений в Волгоградской области, а также послужат дополнительной информацией для фармацевтических, медицинских и биологических исследований.

**Предварительные результаты выявления фенологически изменчивых видов среди дикорастущих травянистых сосудистых растений, обитающих на территории Приморского парка Победы (Санкт-Петербург)**

Preliminary results of the identification of phenologically variable species among wild herbaceous vascular plants living on the territory of the Primorsky Victory Park (St. Petersburg)

Зубова Е.А., Еремеева Е.Ю.

Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия

*ewzubow@mail.ru, eremei@mail.ru*

Исследовалась фенологическая изменчивость дикорастущих травянистых сосудистых растений, обитающих на территории Приморского парка Победы. Исследования проводились с 2015 по 2021 г., еженедельно регистрировались сроки цветения видов методом фотофиксации. В ходе анализа использованы данные о сроках цветения из региональных определителей растений и данные о среднемесячных и среднегодовых температурных показателях за последнее десятилетие и столетие. На исследуемой территории зарегистрировано 277 видов травянистых дикорастущих растений из 160 родов, 47 семейств. Из них у 73 видов в разные годы проявились отрицательные отклонения во времени зацветания (начало цветения смещено на более ранние сроки). Анализ температурных тенденций показал, что с 1805 года среднегодовая температура растёт.

Выявлены две фенологически различные группы растений по отношению к колебаниям температур: долгоцветущие виды, способные зацвести при положительных зимних температурах (1) и виды с более узким диапазоном цветения (2). Большинство растений первой группы сеgetально-рудеральные, однолетники и зимне-зелёные многолетники. Состав первой группы был спрогнозирован на основе вычисления медианы и среднего абсолютного отклонения (САО) продолжительности цветения (по данным определителей) для всей совокупности видов изучаемой флоры. В первую группу вошли все виды с превышением САО продолжительности цветения.

Вторая группа включает виды со средним и узким диапазоном цветения. Использование коэффициента корреляции  $r$ -Пирсона показало, что среднее значение отклонений от нормального срока цветения (по данным определителей) за 7 лет наблюдений у таких видов сильно коррелирует со значениями среднемесячных температур в апреле ( $r=0.8334$ ,  $p\text{-value}=0.0197$ ), что является статистически значимым результатом. В этой группе выявлены виды, проявившие отрицательные отклонения в сроках зацветания, которые были в соответствии с зарегистрированными температурными отклонениями. Это *Nuphar lutea* (L.) Sm., *Hepatica nobilis* Mill., *Ficaria verna* Huds., *Geum macrophyllum* Willd., *Oenothera rubricaulis* Kleb., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Melilotus albus* Medik., *Archangelica litoralis* (Wahlenb.) C. Agardh ex DC., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Arctium tomentosum* Mill., *Artemisia campestris* L., *Artemisia vulgaris* L. Их можно рассматривать в качестве потенциальных индикаторов изменения климата.

**Фитохимический анализ метаболитов каллусной культуры лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia* Mill.)**

Phytochemical analysis of secondary metabolites in callus culture of *Lavandula angustifolia* Mill.

Иванов П.А., Хабаров В.А.

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет,

Санкт-Петербург, Россия

*pavel.ivanov@spcpu.ru*

Каллусные культуры представляют интерес как альтернативные источники биологически активных веществ (БАВ) природного происхождения. Целью исследования является качественный анализ каллусной культуры лаванды узколистной на присутствие основных групп БАВ в сравнении с сырьём наземной части лаванды узколистной, а также сравнительный количественный анализ фенолокислот.

Для исследования использовали лиофильно высушенную культуру клеток лаванды узколистной, полученную в СПХФУ. Из травы и каллусной культуры были получены водно-спиртовые извлечения, с которыми проводили общепринятые реакции на присутствие флавоноидов, кумаринов и дубильных веществ. Компонентный состав фенольных соединений изучали с помощью одномерной тонкослойной хроматографии (ТСХ) в системе  $n$ -бутанол: уксусная кислота: вода (4:1:2). Количественный анализ гидроксикоричных кислот проводили спектрофотометрическим методом в пересчете на кофейную кислоту.

В экстрактах каллусной культуры и травы лаванды узколистной было выявлено присутствие флавоноидов (по реакциям с раствором алюминия хлорида, раствором аммиака, по цианидиновой пробе), конденсированных дубильных веществ (с раствором солей железа (III)) и фенольных кислот (ТСХ).

Методом ТСХ в экстракте из травы лаванды было обнаружено не менее десяти пятен, соответствующих различным фенольным соединениям, в экстракте из каллуса – не менее пяти. В сравнении со стандартными образцами были предварительно идентифицированы: кофейная, хлорогеновая кислоты, рутин в обеих пробах, кверцетин в сырье. Было решено проводить анализ гидроксикоричных кислот в пересчете на кофейную кислоту. Было показано, что в надземной части лаванды узколистной содержится 1,35%, а в каллусной культуре – 0,43% гидроксикоричных кислот.

#### **Анализ полифенольных соединений каллусной культуры шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.)**

Analysis of polyphenolic compounds in callus culture of *Salvia officinalis* L.

Ильченко А.С., Пovyдыш М.Н., Нечаева Е.А.

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет,

Санкт-Петербург, Россия

*aleksandra.ilchenko@spcru.ru*

Листья шалфея лекарственного широко используются в фармацевтической промышленности в составе вяжущих, бактерицидных и противовоспалительных средств. Каллусные культуры растений могут являться альтернативным источником ценных биологически активных веществ растительного происхождения. Целью данного исследования является сравнительный качественный и количественный анализ полифенольных соединений каллусной культуры и растительного сырья (листьев) шалфея лекарственного. В качестве объектов исследования использовали лиофильно высушенные культуры клеток и высушенные листья шалфея лекарственного.

С водно-спиртовыми извлечениями проводили общепринятые качественные реакции на присутствие флавоноидов. Также использовали одномерную тонкослойную хроматографию (ТСХ) на пластинках «Сорбфил» в системе *n*-бутанол-уксусная кислота-вода 4:1:2 с проявлением хлоридом алюминия. Количественное определение суммы фенольных соединений проводили методом спектрофотометрии в пересчете на хлорогеновую кислоту, флавоноидов – по реакции с алюминия хлоридом в пересчете на рутин.

В водно-спиртовых извлечениях каллусных культур и сырья шалфея лекарственного при проведении качественных реакций (реакция с раствором алюминия хлорида, раствором гидрокарбоната натрия, с солями железа (III), цианидиновой реакции) было выявлено присутствие флавоноидов и дубильных веществ.

По данным ТСХ в извлечениях обнаружено несколько пятен, соответствующих фенольным соединениям. Сопоставление данных величин  $R_f$  и характера флюоресценции пятен позволило идентифицировать в траве и каллусной культуре шалфея лекарственного рутин и хлорогеновую кислоту. Содержание гидроксикоричных кислот в листьях составило 6,22%, а в культуре – 4,45% в пересчете на хлорогеновую кислоту. Получены результаты сравнительного качественного и количественного анализа флавоноидов и фенольных кислот в листьях и каллусной культуре шалфея лекарственного.

#### **Исследование инвазионного потенциала ценопопуляции галинсоги реснитчатой (*Galinsoga ciliata*) на агроучастке Эколого-биологического центра «Крестовский остров» (Санкт-Петербург)**

Investigation of *Galinsoga ciliata* invasive potential at the agricultural plot of the ecological and biological center “Krestovsky ostrov”

Клюшева В.И., Еремеева Е.Ю.

Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия

*eremei@mail.ru*

Галинсога реснитчатая (*Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake) (Г.) включена в списки инвазионных видов растений многих регионов России. Исследование направлено на выявление инвазионного потенциала данного вида в различных локусах ее ценопопуляции на агроучастке Эколого-биологического центра. Для этого в посадках однолетних и многолетних культур на газонных и изолированных плиткой клумбах было заложено 57 учетных площадок ( $S = 1 \text{ m}^2$ ), в пределах которых выявлены: видовой состав, конкуренты Г. по встречаемости, численность, плотность ее ценопопуляции и фитомасса.



Количество сорных видов, выявленных на изолированных клумбах: в посадках однолетних культур – 28 (преобладают однолетние сорняки), в посадках многолетников – 27 (преобладают многолетние сорняки). Число сорных видов на газонных клумбах: в посадках однолетников – 31, в посадках многолетников – 28, и в основном это многолетние сорняки. Конкуренты Г. по встречаемости – *Rorippa sylvestris* (L.) Bess., *Poa annua* L. (в посадках однолетников), *Equisetum arvense* L., *Aegopodium podagraria* L. (в посадках многолетников).

Численность популяции Г. значительно варьирует. На изолированной клумбе в посадках однолетников отмечено 702 особи, на изолированной клумбе с многолетниками – 20, на газонных клумбах с посадками многолетников – 46, с однолетниками – 44. Плотность популяции Г. на всех участках различается незначительно (1,2–2,5 особи на единицу площади). По фитомассе позиция Г. высока на изолированной клумбе с посадками однолетников (19,6 г). Она значительно ниже на газонных клумбах и в посадках многолетников (4,5–5,6 г).

Таким образом, инвазионный потенциал Г. выше в изолированных посадках однолетних культур, где преимущественно растут местные однолетние сорняки, которые набирают биомассу значительно медленнее, чем Г. Наиболее устойчивы к инвазии Г. посадки многолетников на газонах, являющихся убежищем для многолетних сорняков, которые эффективно конкурируют с данным видом по биомассе.

### Сравнительная характеристика метаболитов трех видов *Spiraea* (Rosaceae)

Comparative characteristics of metabolites of three species of *Spiraea* (Rosaceae)

Костикова В.А.<sup>1,2</sup>, Петрова Н.В.<sup>3</sup>, Шаварда А.Л.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия;

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия;

<sup>3</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

*serebryakovava@mail.ru*, *npetrova@binran.ru*

Методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС) проведен сравнительный анализ метаболитных профилей трех видов рода *Spiraea*. Объектом данного исследования послужили виды секции *Calospira* C. Koch. Gartenfl., объединяемые в секцию в том числе на основании особого строения соцветий: цветки собраны в широкие сложные щитковидные или овальные метелки. В состав секции входит четыре вида, однако некоторые исследователи рассматривают эту полиморфную группу как один вид – *Spiraea betulifolia* Pall.

Сравнительному анализу подверглись метанольные экстракты листьев *Spiraea betulifolia* Pall., *S. betulifolia* Pall. subsp. *aemiliana* (C.K. Schneid.) H. Nara и *S. beauverdiana* C.K. Schneid., собранных в местах естественного произрастания на Дальнем Востоке в 2003–2017 гг. В каждом метаболитном профиле было обнаружено до 100 соединений, из которых большая часть идентифицирована. Идентифицированные соединения включали органические и жирные кислоты, аминокислоты, фенольные кислоты, флавоноиды, терпены и др. Результаты определения качественного содержания метаболитов у разных видов спирей в большинстве случаев совпадали, а вот концентрационная вариабельность для отдельных соединений была высока, причем в равной степени для веществ как первичного, так и вторичного метаболизма. Так, анализ вариабельности содержания соединений, проведенных для доминирующих органических кислот, показал, что для подавляющего большинства из них концентрационная изменчивость колебалась до 100%. Нам не удалось выявить зависимость между концентрацией идентифицированных соединений и принадлежностью образца к изучаемым видам спирей.

### Результаты проращивания банка семян компостного субстрата на агроучастке

Эколого-биологического центра «Крестовский остров» (Санкт-Петербург)

Results of germination of a seed bank of compost substrate at the agricultural site of the Ecological and Biological Center “Krestovsky Island” (St. Petersburg)

Невядомская Л.А.<sup>1</sup>, Еремеева Е.Ю.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия

*eremei@mail.ru*

Исследовались различные показатели развития особей сорно-рудеральных видов растений при

проращивании банка семян компостного субстрата. Летом 2019 года было взято шесть проб компостного субстрата на территории агроучастка ЭБЦ «Крестовский остров» и проведено двухэтапное проращивание банка семян: в начале лета (VI–VII) и в конце (VIII–IX). Субстрат поддерживался в увлажненном состоянии. На стадии цветения большинства особей проросших видов все они были изъяты вместе с корнями, а компостный субстрат оставлен на второй этап проращивания банка семян. Изъятые особи были определены, подсчитано число экземпляров каждого вида и измерена их высота, определен совокупный сухой вес каждого вида. На втором этапе эти процедуры проделаны повторно.

В совокупности на двух этапах проращивания банка семян выявлено 24 вида сосудистых растений из 11 семейств; по числу видов лидируют *Asteraceae* и *Brassicaceae*, преобладают однолетники (15 видов). На первом этапе по численности лидировали *Chenopodium album* L. и *Poa annua* L., на втором – *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake, что обусловлено различными темпами и сроками прорастания семян этих видов. По размерным показателям (высоте особей) на первом этапе среди лидеров *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Erysimum cheiranthoides* L., *Chenopodium album* L.; на втором – *Poa annua* L., *Cardamine flexuosa* With. На втором этапе в среднем высота всех проросших особей значительно меньше, чем на первом, что вероятно связано с осенним снижением среднесуточной температуры. По общей фитомассе на обоих этапах лидировала *Galinsoga ciliata*, остальные же лидеры полностью сменились по составу (на первом этапе – *Chenopodium album*, *Lamium purpureum* L., *Stellaria media* (L.) Vill., на втором – *Poa annua*, *Plantago major* L.). Возможно, это обусловлено различной температурной чувствительностью этих видов. Соотношение жизненных форм также изменилось: на первом этапе по числу видов, размеру, фитомассе значительно преобладали однолетники, на втором их показатели резко сократились.

### Выявление перспективных для культивирования дикорастущих пищевых растений на Северо-Западе России

Selection of perspective wild food plants for cultivation in the North-Western Russia

Попов П.Р., Еремеева Е.Ю.

Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия  
[eremei@mail.ru](mailto:eremei@mail.ru)

Среди дикорастущих растений многие используются в пищу, но в настоящее время не культивируются. Цель исследования – выявить виды дикорастущих пищевых растений во флоре Северо-Западного региона, перспективные для культивирования на примере модельного участка. Выявление дикорастущих пищевых видов на модельном участке проводилось с 2017 по 2019 год в окрестностях деревни Черенчицы Новгородской области. Проведен опрос местного населения методом интервью (17 респондентов от 40 до 90 лет). При отборе перспективных для культивирования видов использован метод контент-анализа литературы.

Список пищевых дикорастущих растений нашего региона содержит 134 вида из 80 родов и 29 семейств, на модельном участке выявлено 70 таких видов из 60 родов и 26 семейств. Опрос выявил 35 популярных у местного населения видов дикорастущих пищевых растений и способы их применения. Наиболее популярны: крапива двудомная, марь белая, щавель кислый, иван-чай узколистный, одуванчик лекарственный, клевер ползучий, зверобой пятнистый, сныть обыкновенная, мята полевая, берёза повислая, мокрица, малина обыкновенная, дудник лесной, душистый колосок, дуб черешчатый, липа сердцевидная, хвощ полевой.

С помощью контент-анализа выработаны характеристики перспективных для культивирования дикорастущих пищевых видов: продуктивность в употреблении (в пищу используется максимальное количество органов), популярность у местного населения, удобная для культивирования жизненная форма, высокая встречаемость, низкая потенциальная инвазионная опасность. Применение этих критериев позволило выявить три группы видов, в разной степени перспективных для возделывания. В первой группе виды с несколькими положительными оценками по всем критериям – среди них *Angelica sylvestris* L., *Arctium tomentosum* Mill., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Chenopodium album* L., *Rumex acetosa* L. Следующая группа видов имеет высокие пищевые характеристики, но характеризуется неудобной для выращивания жизненной формой и (или) потенциальной инвазионной опасностью: *Stellaria media* (L.) Vill., *Urtica dioica* L., *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg., *Aegopodium podagraria* L. Виды третьей группы по разным критериям перспективны, но имеют для культивирования больше ограничений, чем преимуществ.

**Выявление фенологически изменчивых видов дендрофлоры Приморского парка Победы и его окрестностей (Санкт-Петербург)**

Identification of phenologically variable woody species at the Primorsky Victory Park and its environs (St. Petersburg)

Роговенко А.А., Еремеева Е.Ю.

Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия  
*eremei@mail.ru*

По мнению фенологов, глобальное потепление может вызвать формирование нового ритма развития у некоторых растений, соответствующего изменившимся условиям. Сбор и анализ данных о фенологической изменчивости растений позволит выделить виды растений, чутко реагирующие на изменение климатических параметров – так называемые потенциальные индикаторы изменения климата. Целью данного исследования было выявление фенологически изменчивых видов растений в дендрофлоре Приморского парка Победы.

Данное исследование проводилось с 2017 по 2019 год путем еженедельной регистрации фенофаз древесных растений на территории Приморского парка Победы и его окрестностей. Использованы данные, полученные учащимися лаборатории агроэкологии и ресурсоведения ЭБЦ «Крестовский остров» с 2015 по 2016 год. При изучении дендрофлоры использован детально-маршрутный метод, регистрация фенофаз древесных растений проведена методом фотофиксации. Полученные данные о начале цветения древесных растений были сопоставлены с данными о начале сроков цветения в научной литературе (по региональным определителям дикорастущих растений) и климатическими показателями за этот же период.

В ходе исследования зарегистрировано 76 видов древесных дикорастущих растений, относящихся к 51 роду и 20 семействам, среди которых выявлено 22 вида с отрицательными сдвигами в сроках зацветания (отклонениями в сторону более раннего начала цветения). Сопоставление сроков отрицательных сдвигов зацветания и метеоданных о колебаниях среднемесячных температур за годы исследований позволило отобрать виды, отрицательные сдвиги зацветания которых были в соответствии с зарегистрированными температурными отклонениями. Данные виды можно рекомендовать в качестве потенциальных индикаторов изменения климата. Это *Pinus sylvestris* L., *Salix caprea* L., *Lonicera tatarica* L., *Swida alba* L., *Rosa rugosa* Thunb., *Cotoneaster lucidus* Schltld., *Aronia mitschurinii* A. K. Skvortsov & Maitul., *Tilia cordata* Mill.

**Эколого-ресурсная характеристика зарослей ириса ложноаирового (*Iris pseudacorus* L.) в пойме реки Терса**Ecological and resource characteristics of *Iris pseudacorus* L. thickets in Kalininsky district of Saratov regionШелоп В.В.<sup>1</sup>, Занина М.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия;<sup>2</sup>Балашовский институт (филиал) Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, Россия  
*zanmarina@yandex.ru*

Во время проведения экспедиций по изучению ресурсов лекарственных растений (2000–2021 гг.) нами были обнаружены заросли ириса ложноаирового (*Iris pseudacorus* L.) в пойме реки Терса (правый приток р. Медведицы, Донской бассейн, 51°22'34" с.ш. 43°56'49" в.д.). Данное местонахождение этого вида обнаружено впервые. Обнаруженная популяция занимает значительную площадь, располагаясь полосой от 1 до 2 м шириной, на протяжении 5 километров в пойме реки. Масса корневищ отдельных особей варьирует от 1,2 до 3,5 кг. Собраны гербарные образцы растения, которые переданы в фонд гербария СГУ им. Н.Г. Чернышевского (SARAT).

Ирис ложноаировый имеет декоративное, лекарственное, пищевое и другие ресурсные значения. Его корневища применяются в кондитерской промышленности, парфюмерии, а также в качестве ароматического сырья для ликёров и других напитков. Семена используют как суррогат кофе. Растение – хороший медонос. Продуктивность одного цветка при ясной погоде может составить до 20 мг. В нектаре содержится 50% сахаров. Растения пригодны для дубления кож, которые при этом окрашиваются в жёлтый цвет.

Ирис ложноаировый является перспективным растением в борьбе с эвтрофикацией водоемов. В условиях культуры может расти в местах с умеренным увлажнением. Охраняемое растение в ряде регионов России – Башкортостан, Калмыкия, Оренбургская область и другие.

**Изучение репродуктивной сферы восковника болотного (*Myrica gale* L.) в естественных местообитаниях и в условиях интродукции в Санкт-Петербурге**

The study of the reproductive sphere of *Myrica gale* L. in natural habitats and in cultivation in St. Petersburg

Юсова Е.Д.

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия  
*katyayusova2001@yandex.ru*

Восковник болотный – редкое растение, занесенное в Красные книги России (2008), Ленинградской области (2018) и Санкт-Петербурга (2018). Вид обитает на верховых болотах и отмечен в нескольких точках Санкт-Петербурга, среди которых – Юнтоловский заказник.

В 2011 году при строительстве участка Западного скоростного диаметра в Санкт-Петербурге, потребовалось произвести пересадку части популяции *M. gale* из Юнтоловского заказника с места запланированного строительства дороги. 100 растений были пересажены в парк Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, где они хорошо прижились. Основной нашей задачей стало изучение репродуктивной сферы *M. gale* и сравнение состояния плодов, образовавшихся в 2021 году в естественных местообитаниях на территории Юнтоловского заказника и в условиях интродукции в парке Ботанического института.

Восковник болотный – кустарник, высотой 1–1,5 м, ветвистый, шаровидной формы. Листья от удлинённо-обратнояйцевидных до обратнояйцевидных, длиной 2–6 см, шириной 0,8–1,5 см, с клиновидным основанием, вверху заострённые или закруглённые, короткочерешковые тёмно-зелёные.

Растение двудомное. В популяциях Юнтоловского заказника преобладают мужские растения. Серёжки с тычиночными цветками многочисленные, сидячие, цилиндрические, длиной 0,7–1,6 см, светло-бурые, собраны на концах ветвей. Пестичные серёжки развиваются позже тычиночных, более короткие, длиной 0,3–0,5 см во время цветения и 0,6–1,5 см во время плодоношения, плотные, овально-ланцетные острые. Рыльца нитевидные, пурпурные. Плоды – сборные костянки овально-яйцевидные, зеленоватые, железистые, около 4 мм в диаметре. Для сравнительного исследования в октябре 2021 года было собрано 1570 плодов восковника в Юнтоловском заказнике и 1550 в парке Ботанического института. Плоды были высушены и взвешены.

Общий вес собранных плодов из Юнтоловского заказника составил 3,03 г. Средний вес одного плода –  $0,0019 \text{ г} \pm 0,000063$ . Вес 1550 плодов из парка Ботанического института составил 2,21 г. Средний вес одного плода –  $0,0014 \text{ г} \pm 0,0000385$ . Таким образом, нами установлено, что в условиях интродукции в парке Ботанического института в 2021 году образовались более мелкие плоды, чем в естественных местообитаниях в Юнтоловском заказнике.



**Растительный покров меловых отложений правосторонней устьевой части балки  
Малоголубинской Калачевского района Волгоградской области**

Vegetation cover of Cretaceous sediments of the right-hand estuarine part of the Malogolubinskaya gulch  
of Kalachevsky district of Volgograd Region

Бакаева Ю.В., Зубов И.А.

МКОУ «Средняя школа №3» г. Калача-на-Дону Волгоградской области,

Калач-на-Дону, Волгоградская область, Россия

*jljbakaeva@mail.ru*

Голубинский меловой ландшафт, сформировавшийся в бассейне реки Малая Голубая, находится в центре малой излучины Дона. Растительный покров меловых отложений различен. На одном участке растение будет характерным для территории, а на другом – настоящей находкой. Мы задались вопросом, как меняется количественный и видовой состав растительности в зависимости от высоты склона. Это и стало целью нашего проекта.

Проективное покрытие (ПП) растений колебалось от 15% до 80%. На первых пяти площадках ПП составляло 60–80%. Здесь встречалось огромное количество растений разных семейств. Такие как полынь австрийская и белая, зопник клубненосный, астрагал белостебельный. На площадках с шестой по девятую, которые находились на склонах, доминировал астрагал белостебельный. Встречались такие растения как курчавка кустарниковая, краснокнижные полынь солянковидная, иссоп меловой и наголоватка меловая. На площадках ПП снизилось до 20–30%. На площадке 10 оно составило всего лишь 10%. Это самый низкий показатель. На ней произрастал только иссоп меловой. На заключительных площадках 16 и 17 ПП составило 80%. Здесь мы встретили астрагалы изменчивый и Хеннинга и ирис низкий.

Наибольшее видовое разнообразие установлено у подножия и на вершине склона. Непосредственно на склоне растительный покров и видовой состав скудны. Такое распределение определяется тем, что склон подвергается эрозии. Исследование требует своего продолжения для последующего мониторинга изменений в растительных сообществах.

**Оценка влияния эдафических факторов на дифференциацию растительного покрова и  
местообитаний восточноевропейских тундр**

Evaluation of the edaphic factors' influence on the differentiation of plant cover and habitats of the East

European tundra

Билая Н.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*win\_nat@mail.ru*

В настоящее время установлено, что для сохранения биоразнообразия наиболее эффективным подходом является мониторинг состояния местообитаний или биотопов растений и животных. Местообитания биоты Арктики – результат взаимодействия многих биотических и абиотических факторов. Выделение местообитаний и оценка их состояния основываются, в первую очередь, на видовом и синтаксономическом составе растительного покрова.

Для тундровой зоны характерна мозаичность ландшафтов, обусловленная многообразием комбинаций показателей конкретной территории. Применение общеевропейской системы EUNIS для классификации тундровых местообитаний затруднено, поскольку перечень диагностических критериев для многих категорий биотопов в настоящее время не полон. К числу важнейших характеристик местообитаний относятся показатели почвенного покрова, которые, наряду с геоморфологическими и климатическими особенностями, определяют характер растительности. Цель исследований – изучение взаимосвязи между показателями почвенного покрова местообитаний и видового и синтаксономического состава растительности, которая диагностирует категории биотопов.

Для исследования были выбраны почвенные показатели на основе рекомендаций J.S. Rodwell с коллегами (2018), предложенных для описаний местообитаний EUNIS. К числу таких показателей, предположительно вносящих наибольший вклад в дифференциацию биотопов и распределение синтаксонов эколого-флористической классификации, отнесены тип почвы, рН почвенной вытяжки,

влажность, гранулометрический состав, плотность, мощность почвы и органогенного горизонта, содержание азота, калия, фосфора, органического углерода и др.

В рамках этого направления разработана структура Базы данных почвенных показателей, которые были зарегистрированы на площадках геоботанических описаний для биотопов разных категорий. В настоящее время выполняется инвентаризация и занесение в Базу авторских и опубликованных данных почвенных характеристик и описаний. Проводится оценка взаимосвязи эдафических факторов с распределением основных категорий растительного покрова и местообитаний на модельных участках восточноевропейских тундр.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-17-00160) в рамках государственного задания согласно тематическому плану БИН РАН по теме № АААА-А19-119032090096-4.*

### **Городские биомы и сохранение биоразнообразия мегаполисов в условиях глобального изменения климата**

Urban biomes and biodiversity conservation in megacities in the context of global climate change

Булдакова Е.В.

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва, Россия

*e\_buldakova@mail.ru*

В настоящее время изменение климата стало реальной угрозой безопасности городов. По различным оценкам экспертов стремительный рост опасных природных явлений продолжится. Кроме того, стремительная урбанизация обуславливает актуальность поиска современных решений для улучшения качества городской среды. Мегаполисы уделяют значительное внимание озеленению, как ключевой мере по адаптации городов к изменению климата и условию повышения качества и безопасности жизни горожан. Москва – крупный мегаполис мира, по данным официальной статистики, занимает лидирующее место по обеспеченности зелеными насаждениями на душу населения среди других мегаполисов. Однако, проведенная оценка современного пространственного распределения городских зеленых насаждений на основе геоинформационного анализа показала большой уровень неоднородности в распределении природных парков и спроектированных объектов озеленения.

Кроме того, проектируемые вновь зеленые насаждения часто представляют собой случайную совокупность разных видов в парках, бульварах и других зеленых зонах, которые не всегда ориентированы на формирование благоприятной экологической обстановки.

Предлагается использовать биомную концепцию для сбора и анализа данных о биоразнообразии городских экосистем на глобальном, региональном и локальных уровнях. Для этого была разработана матрица экологических единиц для оценки экосистемного разнообразия городов. Всего матрица содержит 16 ячеек, в которых распределены показатели для трех пространственных уровней на основе анализа различных национальных программ и отчетов международных организаций и описаны источники данных получения информации.

В дальнейшем предлагается создать типологию городских биомов и оценить их современное разнообразие на национальном и глобальном уровнях для повышения эффективности управленческих решений по пространственному планированию озеленения и разработки стратегий действий по сохранению природного биоразнообразия в мегаполисах.

### **Картографирование светлохвойных лесов Северо-Восточного Забайкалья**

Mapping the coniferous forests of Northeastern Transbaikalia

Виноградов А.А., Бочарников М.В.

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

*ksolarix@vk.com*

Северо-Восточное Забайкалье характеризуется крайне неравномерной ботанико-географической изученностью в связи со сложными географическими условиями, сильно расчлененным рельефом и отсутствием развитой инфраструктуры. Разнообразие растительных сообществ региона формируется в условиях Забайкальской группы типов поясности растительности в составе бореального класса. Здесь представлена трехчленная структура поясности, включающая горнотаежный, подгольцовый и гольцово-тундровый высотно-поясные комплексы. Бореальные леса в составе горнотаежного пояса обладают сложной пространственной структурой и требуют особого подхода, основанного на закономерностях,

связанных с универсальным высотным градиентом, который определяет высотно-поясную структуру растительного покрова.

В настоящем исследовании для горнотаежного пояса Северовосточно-Забайкальского оробиома, объединяющего разнообразие горных экосистем Северо-Байкальского, Станового и Патомского нагорий, решается проблема оценки принципов формирования разнообразия на основе выявления его типологического разнообразия, проведения эколого-географической оценки и картографического анализа. Исследование проведено авторами на основе комплексного анализа оригинальных полевых данных, литературных источников и картографических материалов и базируется на картографическом методе, который послужил основой для пространственного анализа. Нами было использовано более 50 полных и кратких геоботанических описаний фоновых сообществ горнотаежного пояса, составленных по стандартным методикам. В ходе анализа была составлена инвентаризационная мелкомасштабная (1: 3 000 000) карта лесов Северовосточно-Забайкальского оробиома.

В результате исследований были получены новые данные об эколого-географических закономерностях дифференциации лесов, отражающих историю формирования растительного покрова и современное разнообразие условий, с которыми связано выделение подпоясов в рамках горнотаежного пояса, в системе сложной орографической структуры горной территории.

### **Структура фитоценотического разнообразия Западного Саяна в условиях современного климата и при его изменении**

The structure of the phytocoenotic diversity of the Western Sayan Mountains  
in the conditions of the current climate and its change

Войцеховская С.О.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
*sov.soier@gmail.com*

Климат оказывает значительное влияние на функционирование растительного покрова, и в настоящее время он подвергается заметным изменениям, что может в большей степени отразиться на структуре фитоценотического разнообразия. Районом исследований является северный макросклон Западного Саяна, расположенный в избыточно влажном секторе континентального климата, в связи с чем формируется особый спектр высотной поясности. Целью работы является обоснование фитоценотического разнообразия выбранной территории с точки зрения градиента климатических условий. Дифференциация фитоценозов в структуре высотного спектра рассматривается через выделение высотно-поясных комплексов экосистем.

В работе использованы геоботанические описания, выполненные на территории Танзыбейского лесничества в 2021 году, а также материалы, собранные в ходе экспедиций Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН в Западном Саяне с 2008 года. Описания сообществ выполнены в пяти высотно-поясных комплексах – подтаежном, черневом, горнотаежном, субальпийском и альпийско-тундровом. Проекция точек описаний на территорию с определенными климатическими условиями послужили способом получения опорных климатических данных, также на их основе рассчитаны биоклиматические коэффициенты и индексы. Для отбора показателей, влияние которых наиболее существенно при выделении высотно-поясных комплексов, выбран метод непрямой ординации. Для определения роли показателей в дифференциации экосистем проведен дискриминантный анализ.

В результате анализа выявлены наиболее важные гидротермические показатели, обосновавшие отнесение сообществ к определенному высотно-поясному комплексу, и определены значения, в пределах которых они развиваются. На основе анализа сочетания показателей составлена биоклиматическая модель растительности Западного Саяна. Полученная модель позволяет характеризовать потенциальные климатические условия, пригодные для формирования фитоценотического разнообразия на уровне высотно-поясных подразделений.

### **Растительность осоково-гипновых и лесных болот богатого грунтового питания на северной границе их распространения в Западной Сибири**

Vegetation of rich fens and swamps on the north border of their range in Western Siberia

Ганасевич Г.Н., Лапшина Е.Д.

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия  
*ganasevich@yandex.ru*

Изучена растительность осоково-гипновых и лесных болот богатого грунтового питания на примере «Чистого болота», расположенного в притеррасной части левобережной поймы реки Иртыш в окрестностях Тобольска (58.25° – 58.09°N, 68.15° – 68.34°E) вблизи северной границы распространения такого типа болот в Западной Сибири. В системе эколого-флористической классификации все разнообразие растительных сообществ отнесено к 4 союзам (*Carici cespitosae–Piceion obovatae* Lapshina 2010, *Carici appropinquatae–Laricion sibiricae* Lapshina 2010, *Salici pentandrae–Betulion pubescentis* Clausnitzer in Dengler et al. 2004, *Saxifrago-Tomentypnion* Lapshina 2010) из 3 порядков и 3 классов растительности *Vaccinio-Piceetea*, *Alnetea glutinosae* и *Scheuchzerio–Caricetea fuscae*. Описано 7 ассоциаций, 2 субассоциации, 1 вариант и 1 тип сообществ, из них 1 ассоциация и 2 субассоциации – новые. Характеристика синтаксонов основана на 78 полных геоботанических описаниях. Выполнена экологическая оценка местообитаний выделенных синтаксонов с использованием экологических шкал Л.Г. Раменского и их ординация в многомерном пространстве методом стохастического встраивания соседей с t-распределением – t-SNE (t-distributed stochastic neighbor embedding), позволяющим отображать на плоскости многомерные гиперпространства. Обсуждаются особенности состава и структуры сообществ, их отличия от близких аналогов на территории Западной Сибири и Европы.

### Составление карты послепожарного состояния растительности Керженского заповедника

Mapping the post-fire state of the vegetation of the Kerzhensky Reserve

Гнеденко А.Е.<sup>1</sup>, Кадетов Н.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*gnedenko.a.e@mail.ru, bioeonk@mail.ru*

Керженский заповедник расположен в Нижегородском Заволжье. Неоднозначное положение в системах районирования, антропогенная трансформированность и повторяющиеся лесные пожары обуславливают необходимость детального картографирования его растительного покрова.

После крупного пожара 2010 г. начаты исследования состояния растительного покрова, включавшие геоботанические описания на постоянных и временных пробных площадях и картографирование растительности ключевых участков. Места заложения пробных площадей обуславливались необходимостью получения репрезентативной выборки растительных ассоциаций, затронутых различными типами пожаров и приуроченных к различным формам мезорельефа.

В работе использовано более 450 описаний. На их основе с использованием материалов дистанционного зондирования составлена карта растительности в масштабе 1:50 000 на участок площадью около 170 км<sup>2</sup>, пройденный пожаром 2010 г. При составлении карты использовались снимки высокого (Spot-5) и среднего (Landsat-8) пространственного разрешения. Основным методом составления карты было визуальное дешифрирование с подбором эталонов выделенных подразделений легенды и использованием автоматизированной классификации в качестве вспомогательного инструмента. Такой подход обоснован высокой дробностью выделенных картографируемых единиц, а ежегодные полевые исследования позволяют верифицировать результаты дешифрирования.

Итоговая карта с высокой детальностью отображает размещение выделенных сообществ, для которых выделено 45 подразделений растительных ассоциаций, и позволяет судить о пространственных закономерностях их распределения. Легенда составлена с учётом возможности обновления карты по мере восстановления растительности.

### Картографирование изменений лесного покрова Московской области на примере Клинского района

Mapping the forest cover changes in the Moscow region on the example of the Klin district

Гнеденко А.Е.

Институт географии РАН, Москва, Россия

*gnedenko.a.e@mail.ru*

Исследование динамики лесов является актуальной глобальной задачей, решение которой необходимо для рационального использования и управления лесными ресурсами, что особенно важно в контексте возрастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений. Целью данной работы является исследование на примере модельного региона, расположенного в Клинском районе Московской области, изменения породного состава лесов и их площадных характеристик для выявления



лесовосстановительных тенденций, выделения наиболее стабильных участков лесов, а также отработки методики для дальнейшего расширения охвата работ.

Выявление формационных и площадных изменений в представленной работе основано на использовании разносезонных спутниковых снимков на 2021 и 1984 гг., на основе которых были составлены карты лесов, отображающие их состояние на выбранные даты. В качестве исходных материалов при создании разновременных карт лесов исследуемого района использовались спутниковые снимки Landsat-4, 5, 8, карта растительности Московской области, топографические карты масштаба 1:50 000, планы лесной таксации, а также геоботанические описания, составленные в период с 2013 по 2021 г. Пакетная обработка снимков и составление их временных рядов проводились с использованием платформы Google Earth Engine. При составлении карт использовалось автоматизированное дешифрирование методом пошагового дискриминантного анализа, позволяющего выделить наиболее значимые входные переменные и оценить точность выделения заданных классов.

Итоговые карты отображают лесной покров по состоянию на 1984 и 2019 гг. и в результате их анализа были установлены основные тенденции изменений как площадных характеристик, так и породного состава, а также составлена сукцессионная схема лесов исследуемого района.

### **Изучение микроклиматических условий мохообразных в типичных лесных сообществах южной Карелии**

Study of microclimatic conditions of bryophytes in common forest communities of southern Karelia

Гольдштейн М.С.<sup>1</sup>, Немчинов Н.М.<sup>1</sup>, Пичугин С.А.<sup>1</sup>, Кушневская Е.В.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Эколого-биологический центр «Крестовский остров», Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

*mark123gold@gmail.com*

Данная работа посвящена изучению особенностей микроклимата, в которых формируются куртины мохообразных и его преобразованию в этих куртинах. Материалы собраны в Питкярантском районе республики Карелия, на северном побережье Ладожского озера (восточное побережье полуострова Кулхонниеми).

Описания растительности были выполнены на восточном берегу полуострова в июле 2021 года. Нами были заложены пробные площади различных растительных сообществ побережья примерно 6×6 м на различном расстоянии от Ладожского озера (от 1 до 200 м от уреза воды) в разных положениях рельефа. На каждой пробной площади мы описывали видовой состав всех ярусов, определяли обилие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового покрова. Для оценки микроклиматических условий в куртинах доминирующих видов мхов, мы заложили термогигрохроны (iButton) для измерения температуры и влажности внутри мохового покрова и снаружи. Измерения осуществлялись каждые полчаса, в течение пяти суток. В работу включены материалы, собранные на девяти пробных площадях. Описания были выполнены в трех типах ельников (сфагново-черничные ельники, зеленомошные ельники и разнотравные ельники) и двух типах сосняков (лишайниковые и зеленомошные). Доминантами мохового покрова были: *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Dicranum bonjeanii* и *Sphagnum girgensohnii*.

При анализе данных термогигрохронов мы сгруппировали описанные сообщества по микроклиматическим особенностям и выявили основные факторы, влияющие на микроклимат мохового покрова – сомкнутость растительных ярусов, наличие развитого слоя почвы и значение суточной амплитуды температуры. Например, обилие *Hylocomium splendens* и *Rhytidiadelphus triquetrus* выше в более сомкнутых сообществах с меньшей суточной амплитудой температуры над куртиной и внутри нее, а *Pleurozium schreberi* и *Dicranum bonjeanii* доминируют на более открытых участках с большими суточными перепадами температур. Для обеих выделенных групп характерно снижение суточной амплитуды температуры внутри куртины.

### Распределение сообществ галофитов под влиянием ионов солей на западе Прикаспийской низменности

Distribution of halophyte communities under the influence of salt ions in the west of the Caspian Lowland

Горяев И.А.

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

igoriaev@binran.ru

Ионы солей в почвах и их концентрация являются основным разграничивающим фактором в распределении галофитных сообществ на западном Прикаспии. Главную роль в распределении сообществ галофитов играют анионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и катион  $\text{Na}^+$ .

Под сообществами гипергалофитных формаций в корнеобитаемом слое на солончаках высокая общая сумма солей. В ценозах таких формаций сумма солей варьирует в пределах от 1 до 3%: *Halocnemeta strobilacei* ( $\text{Cl}^-$  0,3–4,4%;  $\text{SO}_4^{2-}$  0–1,4%;  $\text{Na}^+$  0,1–2,5%), *Salicornieta perennantis* ( $\text{Cl}^-$  0,8–1,9%;  $\text{SO}_4^{2-}$  0–1,8%;  $\text{Na}^+$  0,7–1,1%), *Suaedeta salsae* ( $\text{Cl}^-$  0,7–2,4%;  $\text{SO}_4^{2-}$  0,4–0,6%;  $\text{Na}^+$  0,4–1,6%) и *Petrosimonieta oppositifoliae* ( $\text{Cl}^-$  0–0,9%;  $\text{SO}_4^{2-}$  0–0,6%;  $\text{Na}^+$  0–0,4%). Редко общая сумма солей может достигать 4% и даже 9%

В сообществах на солонцах солончаковатых общая сумма солей около 1%. Часто на таких почвах распространены ценозы формации *Artemisieta santonicae* ( $\text{Cl}^-$  0–0,1%;  $\text{SO}_4^{2-}$  0–0,1%); здесь произрастают и ценозы формации *Salsola dendroidis* ( $\text{Cl}^-$  0–1%;  $\text{SO}_4^{2-}$  0–0,3%;  $\text{Na}^+$  0–0,5%).

Солонцы менее засолены, чем солонцы солончаковатые. Общая сумма солей в них менее 0,2–0,3%. Под ценозами формации *Artemisieta pauciflorae* она примерно равна 0,2% ( $\text{Cl}^-$  0–0,1%;  $\text{SO}_4^{2-}$  0–0,2%;  $\text{Na}^+$  0–0,1%). Под ценозами *Leymeta ramosi* формации более 0,3% ( $\text{Cl}^-$  0–0,1%;  $\text{SO}_4^{2-}$  0–0,2%;  $\text{Na}^+$  0–0,1%), с участием факультативных галофитов вдвое ниже (0–0,1%).

Таким образом, галофитные сообщества на западе Прикаспийской низменности чётко разделяются на две группы: гипергалофиты (на солончаках) и эугалофиты (на солонцах солончаковатых и солонцах).

### Продуктивность и флористический состав луговых угодий Кенозерского национального парка

The productivity and the floristic composition of grasslands in Kenozerskiy national park

Губина А.М., Паринова Т.А.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

gubina.a.m@yandex.ru

На территории Кенозерского национального парка (КНП) сохраняются уникальные природные объекты, в частности – луговые угодья. Антропогенно-зависимые вторичные луговые экосистемы находятся сегодня под угрозой исчезновения из-за катастрофического спада в сельском хозяйстве, приводящего к сокращению биоразнообразия. Цели работы: геоботанические исследования, определение и оценка количественных и качественных показателей биологической продуктивности травостоев луговых угодий КНП в окрестностях д. Зехнова. В июле 2021 года провели геоботанические описания 16 луговых сообществ на трёх модельных угодьях: Оньковском, Молочном и Студенецком. Угодья относятся к материковым лугам лесной зоны на холмистой равнине, заброшены с начала XXI века.

Флористический состав луговых сообществ: 83 вида сосудистых растений, 13 видов мхов. Видовое богатство – 7,3% от флоры Архангельской области. Флора представлена по большей части травянистыми видами, единично отмечены деревья и кустарники. Наблюдается начальная стадия демулационного сукцессионного процесса в сторону зонального типа растительности – северотажного хвойного леса. Видовая насыщенность на 100 кв. м. – 25 видов, что соответствует средним показателям для этого типа лугов области.

Контурсы растительности угодий неоднородны, на суходольных участках выделены ассоциации с доминированием *Dactylis glomerata*; *Agrostis tenuis*; *Chamaenerion angustifolium*; *Urtica dioica*, на низинных – с *Filipendula ulmaria*. Неоднородность флористического состава обуславливает разницу в показателях продуктивности. Угодья средне продуктивны по оцениваемым характеристикам.

Средние показатели урожайности при пересчете на воздушно-сухую массу  $47,3 \pm 5,2$  ц/га. В связи с залежным состоянием, большую часть урожая сена составляет ветошь  $29,4 \pm 3,4$  ц/га. По соотношению агроботанических групп травостои злаково-разнотравные, остальные группы представлены незначительно.

Исследования выполнены в рамках исследовательских работ Кенозерского национального парка по договору № 414.

## Положение растительных сообществ пояса гольцовых пустынь в классификации местообитаний EUNIS

Position of the Cold Goltzy Desert in EUNIS habitat classification

Данилова А.Д., Королева Н.Е.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН,

Апатиты, Мурманская область, Россия

*danilovalona@yandex.ru*

Классификация местообитаний EUNIS – это общеевропейская система идентификации местообитаний (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification-1>). Сообщества пояса гольцовых пустынь относятся к группе U – местообитания без выраженного почвенного слоя или с небольшим количеством почвы и с редкой растительностью, подгруппе U5 – местообитания, обычно с очень редкой или отсутствующей растительностью и подгруппе U51 – сообщества горных плато, встречающиеся в бореальной и арктической зонах.

Выполнили 110 геоботанических описаний гольцовых пустынь Хибинских и Ловозерских гор на высоте около 800-1000 м н.у.м., использовали метод Браун-Бланке. Описали 7 ассоциаций, 2 варианта и 1 тип сообществ в 6 союзах, 6 порядках и 6 классах. Соответствие между синтаксонами и типами местообитаний группы U51 Каменистые плато следующее:

1. Тип местообитания с преобладанием хионофобных лишайников асс. *Racomitrio lanuginosi-Flavocetrarietum nivalis*. Характеризуется щелнистым субстратом и почти полным отсутствием снега зимой.

2. Мохово-лишайниково-осоковые и кустарничковые дерновины и подушки, асс. *Flavocetrario-Caricetum bigelowii* и *Racomitrio lanuginosi-Dryadetum octopetalae*. Наиболее сложный по строению и богатый видами тип.

3. Тип местообитания биологические почвенные корочки (BSCs), асс. *Anthelio-Luzuletum arcuatae*, с преобладанием печеночников.

4. Корково-лишайниковый тип местообитаний с преобладанием накипного лишайника *Rhizocarpon geographicum* занимает самые высокие горные вершины и спускающиеся к нижним поясам «языки» курумников.

Все типы местообитаний имеют схожий внешний вид: несомкнутый растительный покров и преобладание каменистых поверхностей, покрытых лишь эпилитной растительностью. Типы были выделены и могут быть идентифицированы по видовому составу и структуре растительности; различаются также по экологии, распространению и другим компонентам экосистем (составу почв, почвенной фауне, альгофлоре и др.).

## Естественная растительность Санкт-Петербурга

Natural vegetation of Saint Petersburg

Деркач Е.С.<sup>1,2</sup>, Озерова С.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*katya.d96@bk.ru, svetluna96@gmail.com*

Санкт-Петербург – крупнейший город в пределах таежной зоны, занимающий основную часть Приневской низменности, террасированный рельеф которой связан с понижениями уровня послеледниковых водоемов. Около 30% территории города можно отнести к мало нарушенным ландшафтам. Городские леса, где преобладают ель, сосна и береза, составляют 20% территории; 5% занимают болота, 5% приходится на луга и прибрежно-водную растительность.

Целью данной работы является выявление закономерностей распространения естественных растительных сообществ в границах Санкт-Петербурга. К естественным растительным сообществам мы относим сообщества на мало нарушенных ландшафтах, а также насаждения интродуцентов, где на данный момент происходят естественные процессы. Анализ проводился по данным исследований существующих и планируемых ООПТ.

В границах Санкт-Петербурга выделено 43 синтаксона в ранге групп ассоциаций, из них 41 встречается в северной части города, где наиболее распространены березовые, хвойные леса и болота разных типов. В южной части города разнообразие немного ниже, здесь наибольшее распространение получили осиновые, сероольховые леса, и безлесные территории с кустарниковыми зарослями.

Анализ данных показал, что, помимо абиотических факторов, на разнообразие растительных сообществ также влияет историческое развитие города. Строительство загородных резиденций вдоль Литориного уступа на южном побережье Финского залива привело к практически полному уничтожению коренной таежной растительности, в связи с чем на юге города доля хвойных лесов незначительна, но при этом высока доля неморальных видов в травяно-кустарничковом ярусе. На севере города сохранились участки коренных еловых лесов.

### **Избирательно ли влияние инвазионного *Acer negundo* на состав травяного яруса?**

Is the effect of invasive *Acer negundo* selective on the composition of the grass layer?

Дубровин Д.И.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия;  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия  
*denisizmariupolya@gmail.com*

Инвазии растений – глобальная экологическая проблема. Их часто обсуждаемое последствие – снижение разнообразия растительных сообществ. Предположения об избирательности влияния инвазионных растений на отдельные экологические и функциональные группы растений обсуждается реже.

Североамериканский клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) – инвазионное для Евразии дерево, вид-трансформер. На Среднем Урале вид занимает пойменные, нарушенные и полустественные местообитания, проникает в городские леса. Инвазия *A. negundo* сопровождается снижением таксономического разнообразия сообществ-реципиентов. Избирательность влияния данного вида на состав травяного яруса изучена недостаточно.

Проведена оценка структуры травяного яруса урбанизированных сообществ с доминированием *A. negundo*, в частности – участия в сообществе видов с разной массой и способами распространения семян. Проанализированы данные 72 геоботанических описаний 20×20 м, выполненных в 2017–2019 гг. в г. Екатеринбурге. Данные собраны с использованием литературных источников (Левина, 1957) и баз данных BiolFlor и Kew Seed Information Database. Масса и способы распространения семян определены для 92% из 204 выявленных видов трав. Оценивали значения параметров, средневзвешенные по степени участия (проективному покрытию в процентах) каждого вида в сообществе, рассчитанные в программе FDiversity.

Установлено, что в зарослях *A. negundo* средневзвешенная масса семян травянистых растений больше на 37%. Избирательности влияния клена на виды с разными способами распространения семян не найдено.

Этот результат свидетельствует о существовании некоторой избирательности влияния *A. negundo* на структуру травяного яруса. Но в ближайшее время важно оценить, избирательно ли влияние клена на группы видов с другими морфологическими и функциональными особенностями, такими как способ опыления, наличие вегетативного размножения, экофизиологические характеристики.

### **Ивовые сообщества юго-востока Чукотского полуострова**

Willow communities of the south-east of the Chukchi peninsula

Етылина А.С.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;  
Национальный парк «Берингия», п. Провидения, Чукотский автономный округ, Россия  
*etylina.a.s@gmail.com*

В период с 2018 по 2021 год были проведены геоботанические исследования ивовых сообществ (42 описания) юго-востока Чукотского полуострова в подзоне северных и средних гипоарктических тундр. В растительном покрове значительную роль среди кустарниковых ив играют *Salix alaxensis*, *S. pulchra* и *S. chamissonis*. Травяно-кустарниковый ярус разреженный, представлен, в основном, злаками и разнотравьем, реже – кустарничками.

*Salix alaxensis* – восточносибирско-американский гипоаркто-монтанный вид, встречается в основном в поймах рек и ручьев или у подножий склонов. Для сообществ (формируются на высотах до 205 м н.у.м.) характерно небольшое количество мхов, суммарное проективное покрытие которых варьирует от 5 до 10%, крайне редко встречаются лишайники. В травяном ярусе типичны *Poa arctica*,



*Arctagrostis arundinacea*, *Saxifraga nelsoniana*, *Aconitum delphinifolium* ssp. *paradoxum*, *Anemone richardsonii*, *Chamaenerion latifolium*, *Equisetum arvense* ssp. *boreale*, *Rhodiola atropurpurea*.

*Salix pulchra* – гипоарктический вид, в наибольшем обилии встречается в поймах рек и ручьев, нередко доминирует в травяно-кустарниковых сообществах на склонах, террасах и невысоких водоразделах. Эти сообщества распространены до высоты 139 м н.у.м. Проективное покрытие мхов в этих сообществах варьирует от 5 до 10%, покрытие лишайников редко достигает 5%. Под кроной ив наиболее часто встречаются *Equisetum arvense* ssp. *boreale*, *Poa arctica*, *Saxifraga nelsoniana*, *Arctagrostis arundinacea*, *Valeriana capitata*.

*Salix chamissonis* – охотско-чукотско-западноамериканский вид. Это – простратный гольцовотундровый кустарник, который встречается в местах долгого залеживания снега, у подножий склонов, на влажных террасах ручьев и рек. Сообщества с доминированием этой ивы встречаются до высоты 206 м н.у.м., суммарное покрытие мхов здесь – 10–15%, лишайников – 5%. В травяном ярусе наиболее часто встречаются *Bistorta vivipara*, *Salix polaris*, *Petasites frigidus*, *Rhodiola atropurpurea*, *Equisetum arvense* ssp. *boreale*.

### **Экологическая характеристика пойменного леса устьевой части балки Малоголубинская Калачевского района Волгоградской области**

Ecological characteristics of the floodplain forest of the estuary part of the gulch Malogolubinskaya,  
Kalachevsky district, Volgograd Region

Исаева Д.Д.

МКОУ «Средняя школа №3» г. Калача-на-Дону Волгоградской области,  
Калач-на-Дону, Волгоградская область, Россия

*diana.isaeva.2006@bk.ru*

Леса в Волгоградской области в большом дефиците, поэтому внимание к ним особенное. Изучаемый пойменный лес произрастает на реке М. Голубая. Его протяженность около 6 км, а ширина от 80 до 300 м.

Структура верхнего яруса неоднородна. Ближе к воде преобладает ива белая, дальше от воды – тополя белый и черный. Формулы древостоя: 7И2Тб1Тч – около воды и 7Тч2Тб1И – вторая часть леса. Второй ярус представлен вязом мелколистным, крушиной ломкой и шиповником коричневым. Травяно-кустарниковый ярус до 80% представлен ежевикой сизой. Из других растений встречаются девясил высокий, лопух большой, репешок обыкновенный, виды клевера, белокопытник ложный, подорожник большой, чистотел большой, хмель обыкновенный, спорыш птичий, ирис ложноаировый, лютик ядовитый, кирказон ломоносовидный. Далее в сторону степи пойменный лес переходит в редколесье с преобладанием груши лесной. Следует отметить высокую возобновляемость леса. Местами поросль образует непроходимые участки.

Из влияющих на состояние данного биотопа факторов среды отметим наличие инвазивных видов деревьев, лоха узколистного и вытесняющую местные виды аморфу калифорнийскую.

Береговая линия, к которой примыкает лес, подвергается сильнейшей рекреационной нагрузке. Отдыхающие и рыбаки со всей страны разбивают палаточные городки, накатывают дороги, разжигают костры, оставляют после себя твердые коммунальные отходы. Попытки местных властей навести порядок при отсутствии средств сводится к проведению субботников, вывозу мусора и периодических рейдов совместно с участковым полицейским.

### **Пространственное распределение травяных сообществ в прирусловой зоне поймы реки Обь (Западная Сибирь, Сургут, остров Зубатинский)** Spatial distribution of grass communities in the near-channel zone of the Ob river floodplain (Western Siberia, Surgut, Zubatinsky Isl.)

Калиновская А.Г., Несен Л.Н., Тюрин В.Н.

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия  
*kalinovskayaag15@gmail.com, tyurin\_vn@mail.ru*

Исследование, приуроченное к прирусловой зоне поймы Оби, посвящено оценке воздействия поёмности и седиментации на территориальную структуру растительного покрова (РП). Для нее от протоки Кривуля к тыльной стороне прирусловой гривы в 2021 г. был проложен 85-метровый профиль. Здесь с апреля по октябрь измеряли высоту затопления, также в шести пробуренных скважинах – уровни

и скорость фильтрации грунтовых вод, рядом с ними – седиментацию. Надземную фитомассу (НФМ) определяли через каждые 2 м с укосных площадок размером 0,4×0,4 м.

Анализ РП показал типичное сочетание сообществ прирусловых отмелей обской поймы. В 32 м от протоки (за песчаной отмелью) отмечена 12-метровая полоса с *Equisetum arvense*, которая была затоплена в пик половодья от 193 см до 67 см (в среднем 133 см). За ней вершину гряды занимает фитоценоз *Agrostis stolonifera* – 12 м, затопленный на 57-116 (74) см. Он окаймлен с тыла полосой в 3 м с *Eleocharis palustris* при высоте затопления 167-210 (188) см. Нижнюю часть тыльной стороны гряды занимает *Equisetum fluviatile* – 20 м, высота его затопления – 245-305 (279) см.

При оценке НФМ выявлено смещение максимума значения от центра к тылу прируслового вала. Для *Equisetum arvense* отмечено постепенное увеличение НФМ к вершине гряды с 9 до 499 г/кв.м. Среднее значение НФМ для *Agrostis stolonifera* составило 500 г/кв.м, *Eleocharis palustris* – 489 г/кв.м, *Equisetum fluviatile* – 526 г/кв.м. Снижение продуктивности у протоки объясняется седиментацией (до 5 см) и слабой водоудерживающей способностью прируслового аллювия (скорость фильтрации 104 и 131 см/мин против 48 и 27 см/мин за валом).

### Лишайниковые пастбища острова Ловецкий и бассейна реки Малая Хабуйкасе (Ненецкий заповедник)

Lichen pastures of Lovetsky Island and the Malaya Khabykase river (Nenets nature reserve)

Карсонова Д.Д.<sup>1</sup>, Дьячкова Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Государственный природный заповедник «Ненецкий», Нарьян-Мар, Россия  
d.karsonova@binran.ru

Объекты исследования находятся на территории восточноевропейских тундр в пределах заповедника «Ненецкий». Остров Ловецкий расположен в Печорской губе (Баренцево море), р. М. Хабуйкасе – на востоке Малоземельской тундры, в 20 км от острова. Цель – оценка влияния выпаса северного оленя на растительный покров лишайниковых тундр (сравнение сильно нарушенных в бассейне р. М. Хабуйкасе (район 1) и нетронутых на острове Ловецкий (район 2)). Выявляли полный видовой состав, отмечали ОПП (%) растительного покрова, основные жизненные формы и покрытие видов.

После интенсивного выпаса оленя район 1 в 2018 г. был исключен из хозяйственного пользования на 5 лет. В июле-августе 2021 г. мы описали растительность на 11 мониторинговых площадках (5×5 м) естественного восстановления. Горизонтальная структура – нерегулярно-мозаичная (криптогамные корочки, до 40 см диам. чередуются с дерниной). В сообществах преобладали: *Empetrum hermaphroditum* (6%), *Betula nana* (15%), *Flavocetraria nivalis* (10%), *Cladonia arbuscula* (до 5%), *Ochrolechia androgyna* (5%) при ОПП до 60%. Выбитые сообщества дифференцируют *Sphaerophorus glabosus*, *Ochrolechia frigida*, *Cladonia coccifera*. Общее число видов на площадках – 25.

В районе 2 описаны 45 площадок лишайниковых тундр (ОПП 100%, с долей лишайников до 99%). С покрытием до 25% доминируют *Cladonia arbuscula* и *C. stygia*, *Flavocetraria nivalis*, *F. cuculata*. На отдельных площадках значительно участие *Alectoria nigricans*, *C. uncialis* (до 12%). Из сосудистых растений преобладают *Arctous alpina* (до 50%) и *Empetrum hermaphroditum* (до 12%). Общее число видов около 50.

В нарушенных выпасом сообществах, по сравнению с нативными, в 2 раза ниже видовая насыщенность, в 1,5 раза – ОПП, устойчивые к выпасу лишайники сменяют кустистые кладонии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20–17–00160).

### Влияние генетического фактора на формирование консортивных связей в естественных насаждениях сосны обыкновенной

The influence of genetic development on the formation of consortative relationships in the Scotch pine forests

Картбаева А.А.<sup>1</sup>, Филиппова А.В.<sup>1</sup>, Рябухина М.В.<sup>2</sup>, Хакимов Э.Р.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия;

<sup>2</sup>Экспертно-криминалистический центр МВД России, Москва, Россия;

<sup>3</sup>Уфимский Юридический институт МВД России, Уфа, Россия

kassio-67@yandex.ru

Значительную роль в формировании стабильного ценоза играют стабильные консортивные связи, в которых растения, в частности доминирующие виды, насекомые и бактериоценоз, как активные

средообразователи, занимают важное место. Одним из основополагающих факторов образования консортивных связей является генетический фактор. Для обеспечения стабильной, положительной жизнедеятельности организма в окружающей среде его строение, физиологические, биохимические системы должны быть адаптированы к определенным условиям и соответствовать им.

Наши исследования были проведены на участках островных боров Восточно-Европейской равнины и южной окраины Уральской горной страны на территории Оренбургской области в естественных насаждениях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ценного лесообразующего, экономически перспективного вида. В результате молекулярно-генетических и геоботанических исследований было выделено пять дифференцированных групп, имеющих четкие границы и приуроченных к эколого-климатическим, ландшафтным особенностям района исследования. Исследованиями выявлены химические и биохимические особенности хвои в зависимости от района исследования, в частности в зависимости от участка исследования наблюдается изменение содержания N, S, P, Fe, Mn, Ca, K до 30%, отмечаются изменения соотношения содержания элементов-биофиллов. Исследование проводили с учетом вегетационного периода, распределения элементов в ассимиляционных органах, климатических условий. Характерные изменения отмечаются и в химическом составе почвы. Изучено видовое и количественное разнообразие филофагов, выявлены следующие виды: рыжий сосновый пилильщик, звездчатый пилильщик-ткач, клоп сосновый, сосновка сосновая, долгоносик, усач и другие виды.

Проведенные исследования позволят детализировать формирование консорции в исследуемых группах сосны обыкновенной. В дальнейшей работе на примере изолированных групп сосны обыкновенной, для исследуемой местности, планируется установить отдельные консорции.

**Асс. *Molinio caeruleae–Trollietum europaei* ass. nov. prov. на планируемой ООПТ «Ущелье Южное»  
(Хибинские горы, Мурманская область)**

*Ass. Molinio caeruleae–Trollietum europaei* ass. nov. prov. on the planned SPA “Uchel’e Yuzhnoe”  
(Khibiny Mountains, Murmansk Region)

Копейна Е.И., Королева Н.Е.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН,  
Кировск, Мурманская область, Россия  
*kopeina-e@yandex.ru*

Сообщества с *Molinia caerulea* на Кольском полуострове приурочены к гетеротрофным апаболотам, встречаются в сфагновых сосняках и, реже, на приречных лугах. В тундровой зоне и горно-тундровом поясе молиния встречается нечасто и не является доминантом сообществ.

В 2020 г. в результате обследования территории планируемого памятника природы «Ущелье Южное» (г. Вудъяврчорр, Хибинские горы) была описана ассоциация *Molinio caeruleae–Trollietum europaei* ass. nov. prov. Для описания и классификации растительности использован метод Браун-Бланке. Выполнено семь описаний, размер пробной площади 4 м<sup>2</sup>. Собранный гербарий находится в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН (КРАБГ), описания внесены в базу TURBOVEG.

Диагностические виды асс. *Molinio caeruleae–Trollietum europaei*: *Molinia caerulea*, *Geranium sylvaticum*, *Trollius europaeus*, *Vaccinium myrtillus*, *Dianthus superbus*, *Achillea apiculata*. Сообщества ассоциации имеют простую структуру и богатый видовой состав, от 38 до 52 видов, в среднем – 44, всего – 124. Травяной ярус имеет два подъяруса, в верхнем преобладают крупные травы из группы диагностических и *Cirsium heterophyllum*, который создает аспект во время цветения. Нижний подъярус из *Epilobium lactiflorum*, *E. hornemannii*, *Veronica alpina*, *Bistorta vivipara*, *Viola biflora*, *V. palustris*. В нем также виды из соседних тундровых сообществ – кустарнички *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*, кроме того, ценопопуляция вида Красной книги Мурманской области *Veronica fruticans* (категория 3). Моховой ярус разреженный, преобладают виды родов *Bryum* и *Sciuro-hypnum*.

Сообщества ассоциации расположены на каменистых крутых (45-70°) склонах юго-западной и восточной экспозиции, с достаточным увлажнением (у выходов грунтовых вод или в местах позднего таяния снега) и занимают довольно большие площади (до 100 м<sup>2</sup>). Сообщества асс. *Molinio caeruleae–Trollietum europaei* могут рассматриваться как ценный тип местообитаний.

**Урбанизация, краевые эффекты или межгодовые флуктуации – что сильнее влияет на богатство растений сосновых лесов**

Urbanization, edge effects or inter-annual fluctuations – which factor has the greatest impact on the plant species richness in pine forests

Коржиневская А.А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия  
*melnikowa.anastasia@mail.ru*

Урбанизация и краевые эффекты – важные факторы богатства сообществ растений. Задача работы: оценить иерархию трех факторов – урбанизация, краевой эффект, межгодовая изменчивость – по силе их влияния на таксономическое богатство травянистых растений лесов Екатеринбурга и его окрестностей. Межгодовую изменчивость включили в анализ, поскольку условия в разные годы исследований существенно отличались.

Описания одних и тех же сообществ повторно выполнены в 2016, 2017 и 2018 гг. в урбанизированных лесах (3 трансекты, 24 площади, всего 72 описания) и в 2017 и 2018 гг. в пригородных лесах (3 трансекты, 21 площадь, всего 63 описания). Иерархию факторов по силе влияния определяли с помощью трехфакторного дисперсионного анализа.

Сильнее всего на общее богатство травяно-кустарничкового яруса (число видов на 400 м<sup>2</sup>) сосновых лесов влияла урбанизация (значимость эффекта в дисперсионном анализе  $P < 0.001$ ). Краевой эффект также был значим:  $P = 0.002$ . Но межгодовая изменчивость на альфа-разнообразии трав не влияла ( $P = 0.677$ ). Для признака «число адвентивных видов трав на 400 м<sup>2</sup>» урбанизация также была заметным фактором ( $P = 0.011$ ), а краевой эффект и межгодовая изменчивость были незначимы. Таким образом, погодные условия конкретного года не оказывают заметного влияния на оценки богатства трав лесных сообществ. Следовательно, полученные в разные годы оценки параметров краевых эффектов являются надежными и сопоставление оценок, полученных в урбанизированных и пригородных лесах в разные годы, допустимо. В свою очередь, для богатства травяно-кустарничкового яруса южнотаежных сосновых лесов эффекты урбанизации сильнее, чем краевые эффекты.

**Заселение семенными растениями лавовых потоков вулкана Горелый (Камчатка)**

Seed plant colonisation of lava flows on Gorely Volcano, the Kamchatka Peninsula

Котлярова Е.В.<sup>1</sup>, Кораблёв А.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
*cataphyll@list.ru*

Цель работы – выявление закономерностей заселения семенными растениями молодых (200–250 лет) лавовых потоков вулкана Горелый, природный парк «Южно-Камчатский». Ранее отсутствовали данные об особенностях сукцессий на лавах Южно-Камчатских вулканов.

В августе 2020 года мы выполнили серию геоботанических описаний с определением видового состава семенных растений на двух лавовых потоках сходных по времени образования, топографии и химизму. Для определения наиболее значимых для «колонизаторов» характеристик местообитаний, мы располагали пробные площади в разных элементах рельефа и на разном расстоянии от краев потока (но не ближе 30 м от края, чтобы избежать краевого эффекта). Видовой пул был выявлен и в окрестных сообществах. Чтобы понять, какие признаки растений играют наибольшую роль в успешном закреплении на лавовом субстрате и влияют на пространственное распределение видов по потокам, мы изучили жизненные формы, стратегии, вегетативную подвижность и типы диссеминации.

Сообщества лавовых потоков, несмотря на сходные характеристики, отличаются по участию и числу видов, флористической насыщенности и гомогенности состава. Растительность на потоках формируется главным образом за счёт заноса семян из окружения потоков. При этом удаленность от источника диаспор не влияет на участие видов и флористическую насыщенность. Растения разных жизненных форм распределены по профилям потоков также независимо от расстояния до края потока. В условиях высокой скорости ветра тип диссеминации и масса семени не играют существенной роли в распределении растений по профилям потоков.

Результаты исследования указывают на большую долю стохастичности в процессе колонизации растениями лав, однако выделяются некоторые закономерности. Характерные пионерные виды на потоках – стресс-толеранты со средней или высокой степенью вегетативной подвижности, наиболее распространены *Salix arctica* и *Poa malacantha*. Растения преимущественно заселяют участки с вогнутой



топологией рельефа – более защищённые от ветра и с большей глубиной мелкозёма. Рельеф лавовых потоков оказывает влияние и на скорость освоения лав растениями: более выраженный рельеф затрудняет распространение семенных растений.

**Динамика растительного покрова южных кустарничковых тундр Ямала на участках, подверженных ветровой эрозии**

Vegetation dynamics of the southern dwarf shrub tundra of Yamal in wind erosion areas

Кременецкая М.В., Копцева Е.М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*mkremenetskaia@gmail.com*

Песчаные раздувы – это естественные нарушения растительного покрова тундр на открытых участках, являющиеся результатом мерзлотного растрескивания почвы и ветровой эрозии. В зоне южных субарктических тундр Ямала растительность раздувов представлена открытыми группировками и первичными сообществами со средним общим проективным покрытием (ОПП) около 50%. Процессы разрушения и восстановления растительного покрова идут одновременно. Колонизация голого песчаного субстрата может развиваться по нескольким сценариям. Как правило, при зарастании раздува они реализуются параллельно на разных его участках.

Наиболее распространенный сценарий зарастания участков с полностью деградировавшей растительностью – политриховый, начинающийся со вселения *Polytrichum hyperboreum* и некоторых других видов рода *Polytrichum*. Центр крупных раздувов зарастает по лишайниковому сценарию, инициируют зарастание накипные лишайники, поселяющиеся на микроповышениях субстрата. По мере накопления органического материала место лишайников занимает плотнодерновинный злак *Festuca richardsonii*. Также нередко встречается хвощовый сценарий, где в качестве пионерного вида выступает *Equisetum arvense*, способный быстро заселять песчаный субстрат и образующий моновидовые растительные группировки.

В сильно разреженных сообществах доминантом чаще всего является *Salix nummularia*, обладающая глубокой корневой системой и способная удерживать пространство в условиях деградации растительного покрова, препятствуя развитию эрозионных процессов. Ближе к границам раздувов и в более сомкнутых сообществах обилие *S. nummularia* снижается, в роли доминантов выступают *Arctous alpina* и *Empetrum hermaphroditum*.

**Разновозрастные острова дельты Северной Двины**

Islands of different ages in the delta of the Severnaya Dvina river

Кузнецова Д.А., Парина Т.А.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

*d.kuznecova@narfu.ru*

Уникальность дельтовых экосистем обусловлена концентрацией высокого биоразнообразия за счет сформированных благоприятных условий. В силу их чрезвычайной природной динамичности – это удобные объекты для моделирования практически полного ряда изменений почвенно-растительного покрова. Интенсивное использование как сельскохозяйственных угодий в прошлом повлияло на трансформацию почвенно-растительного покрова. Получение актуальных эколого-флористических и геоморфологических данных о состоянии дельтовых островных экосистем представляет научно-практический интерес.

Полевые работы проводили в дельте р. Северной Двины на трёх разновозрастных островах в зоне речной аккумуляции: о. Молодой, о. Киселёв, о. Андрианов с целью установить возраст островов и изучить эколого-флористические особенности. Во время полевых маршрутов производили определение видов сосудистых растений и их сбор для коллекции Архангельского научного гербария. Возраст островов определяли по картографическим материалам XVI-XXI вв. Флористические списки составляли и анализировали на основе полевых данных.

В общем флористическом списке для трёх островов – 353 вида сосудистых растений из 268 родов и 46 семейств. Остров Молодой – зарастающая песчаная коса возрастом около 20 лет (62 вида). Почвообразовательный процесс в начальной стадии. Остров Киселёв – молодой пойменный остров не старше 400 лет (106 видов). Почвы аллювиальные луговые, дерновые и болотные. Остров Андрианов –

надпойменная терраса возрастом более 2000 лет (186 видов). Преобладает разной степени выраженности дерновый почвообразовательный процесс.

Основу островных флор составляют многолетние луговые травянистые короткорневищные и длиннокорневищные виды, требующие для своего развития умеренно влажных богатых и сравнительно теплых почв с достаточной аэрацией. Для прибрежных зон островов характерно увеличение влажности, понижение температуры почвы и количества кислорода, как следствие, появление эвтрофных гигрофитов.

Острова находятся на разных стадиях почвенно-растительной сукцессии. На о. Молодой в растительном покрове представлены ценозы начальной стадии первичной сукцессии. На островах Киселёв и Андрианов в основном луговые ценозы разных стадий преимущественно вторичной сукцессии, в связи с проводившейся там сельскохозяйственной деятельностью.

### Территориальные единицы растительности восточноевропейских тундр на зональном градиенте

Territorial units of Eastern European tundra vegetation on a zonal gradient

Лапина А.М.<sup>1</sup>, Иванова К.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Max Planck Institute for Biogeochemistry, Йена, Германия

laany@yandex.ru

В данной работе в качестве основы для картирования гомогенных и гетерогенных комбинаций сообществ тундровой растительности использована типология территориальных единиц растительности (ТЕР), предложенная И.А. Лавриненко (2020а, б) для диагностики типов арктических местообитаний. Исследования проводили на трех ключевых участках на территории восточноевропейских тундр: в подзоне типичных тундр – на острове Долгий и возвышенности Вангуреймусюр, в лесотундре – на правом берегу реки Куя. На всех ключевых участках в силу различий их зонального положения, геоморфологических особенностей и состава субстрата, различаются как классы ТЕР, так и их синтаксономический состав.

На острове Долгий, где значительная часть ключевого участка занята грядами с суглинисто-щебнистым карбонатным субстратом, распространен класс ТЕР щебнистых местообитаний плато и склонов гряд. Растительность представлена ассоциациями класса *Carici rupestris–Kobresietea bellardii* с разреженными кустарничково-лишайниковыми группировками. В материковых типичных тундрах на возвышенности Вангуреймусюр преобладают иные классы ТЕР: плакорных местообитаний с зональной ассоциацией *Dryado octopetalae–Hylocomietum splendidis*, псаммофитных местообитаний (*Salix nummularia* com. type) и выположенных слабодренированных понижений водоразделов с ерниками *Hylocomium splendens–Betula nana* com. type. В бассейне р. Куя преобладают те же классы ТЕР, что и на Вангурее, хотя состав растительности выделов хорошо отражает более южное положение ключевого участка: ТЕР псаммофитных местообитаний (асс. *Empetro–Betuletum nanae*) и ТЕР выположенных понижений водораздела, занятых ивняками асс. *Bromopsio inermis–Salicetum viminalis*.

Общими для всех участков были только два класса ТЕР. Это комплексы бугристых торфяников, различные по структуре, но с близким составом сообществ синтаксонов: классов *Oxycocco–Sphagnetea* на буграх и *Scheuchzerio palustris–Caricetea nigrae* в понижениях. Общим для типичных тундр и лесотундры является класс ТЕР приозерных понижений, представленный экологическими рядами осоковых сообществ Ø *Caricetum aquatilis–Caricichorietum stantis–Warnstorfieta exannulatae comaretosum palustris*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-17-00160) в рамках государственного задания согласно тематическому плану БИН РАН по теме № АААА-А19-119032090096-4.

**Палеоэкологические условия и динамика развития карстовых сплавинных болот северо-востока Среднерусской возвышенности**

The paleoecological conditions and dynamics of development of karst floating mires of the Northeast of the Mid-Russian Upland

Леонова О.А., Волкова Е.М.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

ya.oly2012@yandex.ru

Водораздельные болота на Среднерусской возвышенности сформированы в карстовых провалах и занимают небольшие по площади территории. Изучение особенностей их генезиса является актуальной научной задачей.

Объектом исследования стало водораздельное болото Главное, образованное в карстово-суффузионном понижении в субатлантический период голоцена. Болото представлено двумя различными по генезису частями. На первых этапах формирования окраинной части увлажнение было умеренным, что способствовало внедрению древесных пород и влаголюбивых трав и формированию древесных и древесно-травяных низинных торфов. В дальнейшем, произошла смена палеосообществ в связи с увеличением увлажнения и сформировались травяные и травяно-сфагновые низинные торфа. Центральная часть болота представлена сплавной, питание которой обеспечивали атмосферные осадки, что привело к формированию травяно-сфагнового, осоково-сфагнового и сфагнового переходных торфов.

К полученным результатам ботанического состава торфов были применены экологические шкалы разных авторов (Цыганов, Элленберг, Ландольт). Результаты показали, что палеоэкологические условия разных частей болота отличались по трофности, богатству азотом и кислотности, но в генезисе окраинной и центральной частей параметры оставались стабильными. Данный вывод подтверждается при использовании разных шкал. Применение шкал Цыганова и Ландольта позволило выявить отличия между биотопами и по освещенности.

Таким образом, анализ ботанического состава позволил выявить особенности генезиса разных частей карстового водораздельного болота, а применение экологических шкал к составу палеосообществ показало отличия между частями болота по палеоэкологическим условиям.

**Структура зарослей рябинника рябинолистного *Sorbaria sorbifolia***

The structure of the thickets of *Sorbaria sorbifolia*

Липихина Ю.А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

lipikhina\_ya@ipae.uran.ru

Рябинник рябинолистный во вторичном ареале – инвазивный вид, колонофит, активно размножается в местах культуры, занесен в Черную книгу флоры Средней России. Оценить потенциальные масштабы инвазии *Sorbaria sorbifolia* в настоящее время трудно. Это объясняется недостаточной изученностью *S. sorbifolia*, в том числе его биоэкологических особенностей. Понимание того, как быстро формируются заросли рябинника и как долго рябинник способен удерживать занятую территорию, необходимо для прогнозирования скорости экспансии рябинника во вторичном ареале. Цель работы: охарактеризовать структуру зарослей рябинника. Термином «заросль» обозначали совокупность побегов на позднем этапе онтогенеза.

Исследования проведены на трех участках в лесопарках г. Екатеринбурга. На каждом участке исследовано по одной заросли. Заросли анализировали, разделяя их на три структурные зоны – центр, средняя часть, периферия, размещая в каждой зоне по 3–4 учетные площадки. Установлено, что от центра к периферии зарослей снижалась средняя длина парциальных побегов (от 86 до 39 см) и средний диаметр побегов (от 8 до 4 мм). Наибольшая плотность побегов отмечена в средней части зарослей (в среднем 8 побегов на 0,25 м<sup>2</sup>). В то время как в центре зарослей плотность побегов была – 6 побегов на 0,25 м<sup>2</sup>, на периферии – 2 побега на 0,25 м<sup>2</sup>. Диапазон возрастов парциальных побегов составляет 10–25 лет в центре и 1–4 года на периферии зарослей.

Результатом формирования густых зарослей является эффективный перехват света кронами рябинника. С помощью люксметра выполнили измерения освещенности в разных сообществах лесопарков. Средняя интенсивность освещения составила: под пологом листьев *S. sorbifolia* – 4±1 лк×10<sup>2</sup>; под пологом листьев *Rubus idaeus* – 7±1 лк×10<sup>2</sup>; под пологом сосновых лесов без зарослей кустарников – 80±10 лк×10<sup>2</sup>.

Таким образом, форма роста и биоэкологические особенности зарослей позволяют рябиннику выступать сильным эдификатором.

### **Всхожесть семян на загрязнённых тяжёлыми металлами почвах (вегетационный опыт)**

Seed germination on the forest soil polluted by heavy metals: a vegetation experiment

Молчанова Д.А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*mda-94a@mail.ru*

Для разработки способов восстановления нарушенных экосистем необходимо представлять, как загрязнение почвы тяжёлыми металлами влияет на развитие растений, в частности, на прорастание семян. Цель работы – выявить особенности прорастания семян в лесных почвах, загрязнённых тяжёлыми металлами.

Вегетационный опыт провели летом 2018 г. в Ильменском государственном заповеднике (ИГЗ). Семена *Pinus sylvestris* L. (по 100 шт.), *Festuca rubra* L. (по 100 шт.), *Sinapis alba* L. (по 10 шт.) проращивали отдельно на подстилке и гумусовом горизонте дерново-подзолистой почвы, собранной на 4-х пробных площадях (ПП) в импактной зоне Карабашского медеплавильного комбината (КМК) и на 4-х ПП в ИГЗ (контроль). Дизайн опыта: 2 зоны (импактная, фоновая) × 4 ПП × 2 почвенных горизонта × 2 варианта посева × 2 повторности = 64 вегетационных сосуда. Полив осуществляли по мере высыхания субстрата. Прорастание семян фиксировали через день до 27-х суток. Анализ содержания Cu, Zn, Cd и Pb в кислотных вытяжках провели в ЦКП ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Содержание Cu в подстилке импактной зоны по сравнению с фоновой выше в 65–250 раз, в гумусовом горизонте в 8–38 раз, Zn – в 21–33 и 1–10 раз, Cd – в 19–35 и 2–14 раз, Pb – в 40–88 и 2–8 раза соответственно.

Лучшая всхожесть на 27 сутки была у горчицы (81.9±6.6%), средняя – у сосны (59.0±5.9%), наименьшая – у овсяницы (35.8±5.1%) ( $F_{(2,84)}=87.2$ ;  $P<0.05$ ). На конец опыта средняя всхожесть 3-х модельных видов на загрязненной (КМК) и контрольной (ИГЗ) почвах достоверно не различалась: 58.5±7.3% и 59.3±7.2%. В вариантах с гумусовым горизонтом всхожесть выше, чем на подстилке: 67.0±6.2 и 50.8±7.5% ( $F_{(1,84)}=32.6$ ;  $P<0.05$ ). Это объясняется тем, что подстилка сильнее загрязнена и быстро высыхает. Таким образом, почва из зоны КМК не оказала угнетающего действия на прорастание семян модельных растений.

### **Продуктивность травяных сообществ поймы Оби в пик половодья (профиль у Барсовой Горы близ Сургута)**

Productivity of grass communities in the Ob floodplain at peak of flooding (the profile near Barsova Gora by Surgut City)

Муркина П.Д., Масловская О.В., Гладкова Л.И., Тюрин В.Н.

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

*polina.murkina9@gmail.com, tyurin\_vn@mail.ru*

Работа, проведенная с 31 мая по 11 июня 2020 г., является продолжением 5-летнего исследования в центральной части поймы Оби – в 7 км западнее Сургута. Она выполнена на 60-метровом отрезке 135-метрового профиля. Здесь от гривы к сору сменяется четыре типа сообществ: разнотравное (*Anemonidium dichotomum*), разнотравно-злаковое (*Phalaroides arundinacea* + *Calamagrostis purpurea*, *Veronica longifolia*), двукисточниковое (*Phalaroides arundinacea*) – два участка (верхний и нижний) и осоковое (*Carex acuta*).

Для оценки влияния половодья на прирост надземной фитомассы (НФМ) каждые два метра проводили замеры уровней воды и укусы травостоя с квадратов 0,4×0,4 м. Суточный прирост НФМ определяли путем деления значения на количество суток с начала вегетационного периода (5 мая).

Полученные результаты отразили наибольшее значение НФМ у двукисточника: в среднем 187 и 133 г/кв.м (суточный прирост 5,0 и 3,6 г/кв.м) при среднем затоплении 54 см и 101 см. К вершине гривы НФМ уменьшается: для разнотравно-злакового и разнотравного сообществ она составила соответственно 105 и 101 г/кв.м (3,9 и 3,7 г/кв.м в сут.), при среднем уровне затопления 29 см и -3 см. Низкое значение НФМ наблюдается у осоки: 38 г/кв.м (1,0 г/кв.м в сут.), которая была затоплена на 136–158 (в среднем 148) см.

В целом к пику затопления отмечено наиболее интенсивное развитие разнотравного и разнотравно-злакового сообществ. Относительный прирост НФМ (отношение ее значения в половодье к



среднегодовому значению в период максимального нарастания фитомассы) у них составил 61% и 72%. У двукисточника этот показатель определен в 58% и 24%, у осоки (низ склона) – лишь 8%.

### **К проблеме взаимосвязи климатических параметров и ДДЗ с растительным покровом на территории Кроноцкого заповедника, Камчатка**

Towards the relationships of climatic parameters and remote sensing data with vegetation cover in the Kronotsky Reserve, Kamchatka

Некрасов Т.Л., Кораблёв А.П.

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

*timi4\_95@inbox.ru*

В данной работе представлены промежуточные результаты исследования по выявлению зависимостей климатических параметров (модель WorlClime 2.1 и карты AgroAtlas), параметров летнего снимка спутника Landsat8 с архивом геоботанических описаний, выполненных на территории Кроноцкого государственного заповедника в период с 1974 по 2012 гг. Всего в работе было использовано 2455 точек геоботанических описаний, которые были разделены на 12 категорий, в некоторой степени соотносящихся с типами растительности. Отдельно анализировали климатические параметры и материалы ДЗЗ.

Из полученных значимых климатических параметров отбирали параметры с малой взаимной корреляцией ( $r < 0.8$ ). В результате проведения PCA климатические переменные разделились на три группы: 1) параметры, связанные с влажностью (влажность в самый теплый месяц, гидротермический коэффициент), 2) связанные с температурами (среднегодовая температура, сезонность температур, число дней с температурой больше 5°C) и 3) сезонность влажности (коэффициент вариации) и изотермальность. По всем этим параметрам отделяются горные тундры лишайниковые от остальных тундр, однако лишайниковые не отличаются от пионерных сообществ. Совершенно обособлены по климату приморские тундры, но они близки к болотам. Отдельную группу формируют леса из лиственницы Каяндера и березы плосколистной. По сезонности температур разделяются кедровые и ольховые стланики.

По результатам анализа связи значений каналов летнего снимка Landsat8 с категориями растительности можно отметить следующее. Наибольшее соответствие показывают каналы теплового диапазона, особенно канал B5 (NIR). Выделяются пионерные сообщества, разделяются лишайниковые и остальные тундры. В канале B10 (TIRS) выделяются приморские тундры и болота, но другие группы плохо различимы.

### **Дешифрирование растительности острова Ловецкий по данным ДЗЗ**

Vegetation interpretation of Lovetsky Island using remote sensing data

Нешатаев В.В.

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

*xssa@mail.ru*

Цель работы – установить дешифровочные признаки растительности острова Ловецкий. Остров расположен в Печорской губе (Баренцево море), длина менее 10 км, ширина – 6 км. Площадь 41 м<sup>2</sup>, высота до 7 м. Поверхность острова – выровненная морская аккумулятивная равнина, сложенная песчаными отложениями. В понижениях на лайдах озёра, реки и протоки окружены увлажненными лугами и ивняками. Возвышенные участки острова заняты лишайниковыми тундрами. Транзитные положения занимают смешанные сообщества: кустарничково-моховые кочковатые тундры, или экологические ряды, включающие перечисленные фитоценозы, а также ерники и ивняки. К плоским участкам водоразделов бывают приурочены болотные комплексы. Их расположение прежде всего связано с термокарстовыми явлениями. В приморских лайдовых комплексах встречаются осоково-сфагново-пушицевые болота. По периметру остров и его реки часто обрамлены зарослями ивняков разнотравных и осоково-моховых.

Для классификации растительных сообществ использовали материал около 200 описаний. Синтаксоны ранга ассоциации и ниже рассматриваются в составе территориальных единиц растительности. Их типологическая схема отражает своеобразие иерархической организации растительного покрова, обусловленное геоморфологическими особенностями территории и экологической дифференциацией местообитаний.

Для дешифрирования использовали: материалы многозональных спутниковых снимков высокого разрешения, материалы съемки БПЛА, цифровую модель рельефа ArcticDEM. В качестве дешифровочных

признаков выделены: биоэкологические особенности дешифрируемых объектов, выявляемые на снимках высокого разрешения; значения индексов; спектральные сигнатуры сообществ; высота положения объекта в рельефе. Определены характеристики для 20 типов местообитаний, сообществ или их сочетаний. Полученные данные будут использованы для классификации и картографирования местообитаний и растительности острова Ловецкий.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-17-00160).*

### **Оценка разнообразия водных макрофитов малых рек севера Мурманской области и факторы его формирования**

Assessment of macrophyte diversity in small rivers of the Murmansk region and factors of its formation

Орлова Е.Р., Зуева Н.В.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

*lena.orlova.1998@mail.ru, nady.zuyeva@ya.ru*

Крупные водные растения, несмотря на распространенность, еще недостаточно изучены в реках севера Мурманской области. Поэтому целью данной работы стала оценка и анализ видового разнообразия водных макрофитов данного района. Полевые гидрботанические работы проводились в летний период с 2019 по 2021 год на девяти малых реках Мурманской области в заповеднике «Пасвик» и его окрестностях. Изученные водотоки различались по своим гидрологическим и геоморфологическим характеристиками.

В ходе исследований водных растений было выявлено 68 видов макрофитов, среди которых преобладают представители отдела *Magnoliophyta* (77%). Реже встречались представители отделов *Bryophyta* (8%), *Charophyta* (6%), *Equisetophyta* (4%), *Lycopodiophyta* (3%) и *Marchantiophyta* (1%). Максимальное количество видов было зафиксировано на р. Мениккайоки (49 видов) и р. Наутсийоки (33), меньше всего на р. Колосйоки (12), р. Кохесеванйоки (14) и р. Касесйоки (15). Видовое богатство на других реках имеет среднее значение и варьирует в пределах от 26 до 21 вида.

Для оценки видового разнообразия был проведен расчет индекса Шеннона. Максимальное его значение получено для р. Корнетийоки и составляет 4,06 бит/ед.обилия. Это является относительно высокой оценкой для рек, расположенных в данных широтах. Остальные исследованные реки имеют среднее значение данного индекса: р. Сейгийоки 3,50 бит/ед.обилия, р. Мениккайоки – 3,05, р. Наутсийоки – 2,98, р. Кувернерийоки – 2,82, р. Касесйоки – 2,59, р. Кохесеванйоки – 2,39, р. Шуонийоки, р. Колосйоки – 2,06 бит/ед.обилия.

Исходя из анализа полученных данных, можно сделать вывод, что основными факторами для развития и функционирования макрофитов в рассмотренных водотоках являются скорость течения, тип грунта, прозрачность воды, значение рН и минерализации воды. Например, станции, где сильно падает скорость течения, зачастую отличаются максимальным богатством видов. Такая картина наблюдается на р. Мениккайоки, в месте подпора её р. Паз, в следствие которого течение там весьма слабое. Также значительное влияние оказывает воздействие антропогенных факторов: загрязненная сточными водами ГМК Печенганикель р. Колосйоки отличается наименьшим богатством и разнообразием водных растений.

### **Реконструкция среды обитания древних людей в долине реки Камчатка по материалам археолого-палинологических исследований**

The application of archaeological and palynological research for reconstruction of the habitats of ancient people in the Kamchatka River valey

Пименов В.Е.

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

*v-pimenov01@inbox.ru*

Объекты исследования – археологические памятники голоценового возраста: Ушки-1/4 (возраст 13000 лет), Ажабачья-8, Накша-4 (2000 лет). Объекты расположены в зоне активной вулканической деятельности. Цель работы – реконструкция растительного покрова в местах поселений и уточнения имеющихся сведений о смене сообществ. Был выполнен спорово-пыльцевой анализ трех почвенных разрезов (отобраны в ходе экспедиции ИА РАН 2019 г.) по стандартной методике, были построены три пыльцевые диаграммы в программе Tilia 2.0.60.

Полученные данные показывают, что поселения человека на берегу реки Камчатка 2000 лет назад сопряжены с плавным исчезновением таких таксонов как *Salix* L. (озеро Ажабачье) и *Cyperaceae* Juss. (озеро Накша). Точная причина подобных изменений неизвестна, однако наблюдается максимальное

распространение открытых травяных сообществ во время существования поселений на берегах вышеупомянутых озер. Подобные сообщества с доминированием злаков являются маркерными для территорий долговременного проживания человека на территории долины.

Спорово-пыльцевой анализ отложений выявил резкие смены растительности на берегу озера Накша за последние два тысячелетия: сообщества с преобладанием кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel), орляка (*Pteridium* Gled. ex Scop.), иван-чая (*Epilobium* L.) чередуются с березовыми лесами и луговыми сообществами, что скоррелировано с извержениями крупных вулканов.

Анализ почв со стоянки Ушки показал наличие пыльцы ели (*Picea* A.Dietr.) в плейстоценовых отложениях, что не согласуется с предыдущими исследованиями и вызывает сильный интерес к дальнейшему изучению.

### Стратегии растений субальпийских лугов Северо-Западного Кавказа

Plant strategies in subalpine meadows of the Northwest Caucasus

Полошевец Т.В.

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

po.taya@yandex.ru

В настоящее время широко применяется классификация стратегий растений Ф. Грайма. Количественный вклад С, S и R можно определить по трем признакам листьев: водонасыщенной и сухой массе и площади (по Pierce et al., 2017).

В ходе работы было собрано 100 укосов с площадок 25×25 см в субальпийском поясе горы Малая Хатипара и ее окрестностях (Тебердинский национальный парк). Укосы были разобраны по видам и взвешены. В соответствии с методикой (Pérez-Harguindeguy et al., 2013) были измерены такие функциональные признаки: масса сухого вещества листа, влажная масса листа, удельная листовая поверхность, а также рассчитаны содержание сухого вещества в листе и удельная листовая поверхность.

Анализ полученных данных показал, что преобладающей стратегией для растений субальпийских лугов является стресс-толерантная стратегия (средневзвешенные значения для субальпийских лугов: S – 54%, С – 27%, R – 19%). Положительная корреляция между биомассой и массой ветоши на площадках подтверждает большой вклад стресс-толерантов в сообщество. Доминантами сообщества являются злаки *Calamagrostis arundinacea* (надземная биомасса 101 г м<sup>-2</sup>), *Festuca varia* (89 г м<sup>-2</sup>) с хорошо выраженной стресс-толерантной стратегией (S/CSR и S соответственно), а также бобовое *Hedysarum caucasicum* (31 г м<sup>-2</sup>). Доля злаков в сообществе составила 59%, разнотравья – 31%, бобовых – 9%, осок и ситников – 1%.

### Оценка пространственной неоднородности запасов почвенно-растительного покрова сосновых лесов при аэротехногенном загрязнении

Estimation of spatial heterogeneity of stocks of soil and vegetation cover of pine forests under airborne pollution

Примак П.А.<sup>1</sup>, Лянгузова И.В.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
ppol1na@mail.ru

Цель наших исследований – оценка внутриценотической неоднородности запасов почвенно-растительного покрова в фоновых средневозрастных сосновых лесах Кольского полуострова и в импактной зоне комбината «Североникель» (Мурманская область).

В пределах пробной площади закладывали учетные площадки (10×10 см) в приствольных (20 см от ствола *Pinus sylvestris* или *Betula pubescens*), подкروновых и межкroновых микросайтах, на которых срезали кустарнички, мхи, лишайники, отбирали растительный опад и органогенный горизонт (лесную подстилку) Al-Fe-гумусовых подзолов. Уровень загрязнения микросайтов в импактной зоне оценивали на основе индекса техногенной нагрузки ( $I_t$ ), который представляет собой превышение фоновых концентраций кислоторастворимых форм Ni, Cu, Co в подстилке.

В импактной зоне, где  $I_t=100-130$  отн. ед., запас опада и подстилки возрастает соответственно в 1,3 и 1,7 раз вследствие снижения скорости разложения растительных остатков, при этом последовательное снижение запасов опада от приствольных к межкroновым микросайтам сохраняется. В этих условиях мохово-лишайниковый ярус полностью разрушен, поэтому запас биомассы этих компонентов снижен в 8

(лишайники) и 30 (мхи) раз по отношению к фоновым значениям, при этом связь с положением в тессере отсутствует. Запас надземной биомассы кустарничков может быть либо в 2 раза снижен, либо не отличается от фонового значения, при этом в сосновой тессере запас надземной биомассы кустарничков увеличивается от приствольных к межкрупным микросайтам, в березовой тессере эта закономерность отсутствует.

### **Влияние инвазивного *Acer negundo* L. на всхожесть травянистых растений в полевых экспериментах**

Effect of invasive *Acer negundo* L. on the herbaceous plants germination in field experiments

Рафикова О.С.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

rafikova\_os@ipae.uran.ru

Одна из возможных форм воздействия чужеродных инвазивных растений на местные – выделение аллелопатически активных веществ. Наиболее приближенный к природным условиям метод изучения аллелопатии инвазивных видов – полевые эксперименты. Цель работы – в полевых экспериментах проверить гипотезу о подавлении всхожести семян местных растений в зарослях инвазивного *Acer negundo* L. Это листопадное дерево, занесенное в Черную книгу флоры Средней России. В качестве модельных видов выбраны типичные местные растения – *Festuca rubra* L., *Trifolium repens* L., *Pinus sylvestris* L., *Sinapis alba* L. и сам *Acer negundo*. Выбрано пять участков в г. Екатеринбурге. На каждом участке было по два варианта, один – в зарослях инвазивного *A. negundo*, второй – в сообществе с доминированием других видов деревьев. На участках перекапывали небольшие площадки, куда высевали семена модельных видов. Всего проведено два полевых эксперимента в 2019 и 2021 гг.

В ходе полевого эксперимента 2019 г. выявлено, что в инвазивных зарослях всхожесть и выживаемость проростков *S. alba*, *F. rubra*, *P. sylvestris* и *A. negundo* были выше, по сравнению с сообществами с доминированием других видов деревьев. Эффекты воздействия условий под пологом *A. negundo* на прорастание тест-объектов были значимыми, но небольшими по абсолютной амплитуде. В полевом эксперименте 2021 г. в зарослях инвазивного *A. negundo* всхожесть и выживаемость проростков *S. alba*, *F. rubra* и *T. repens* также были выше, по сравнению с контрольными сообществами.

Наши результаты позволяют сделать вывод о более благоприятных условиях для прорастания семян в зарослях *A. negundo*, чем на других урбанизированных участках лесной растительности. Таким образом, в полевых экспериментах не получено подтверждения, что аллелопатия может быть реальным механизмом, объясняющим экологический успех *A. negundo* во вторичном ареале.

### **Изучение лесной растительности горных территорий с использованием данных дистанционного зондирования**

The study of mountain forest vegetation via remote sensing data

Рудаков В.В.

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

rudakovw@ya.ru

Целью исследования было создание предварительной карты лесной растительности ключевой горной территории с опорой на результаты интерпретации данных спутниковой съемки. Долина реки Кызгыч (Кизгыч) находится на Западном Кавказе между отрогами Главного Кавказского хребта (Карачаево-Черкесия). Актуальность работы обусловлена тем, что лесная растительность долины реки Кызгыч слабо изучена. Выбранная территория входит в состав Архызского участка Тебердинского национального парка. Источником данных дистанционного зондирования является миссия Sentinel-2 Европейского космического агентства. Исходные материалы предварительно обрабатывались с целью повышения точности результата интерпретации. С помощью расчёта вегетационных индексов на основе спутниковой съемки и лесостроительных материалов прошлых лет составлена предварительная карта лесной растительности долины. Правобережная часть на севере долины, прилегающая к селу Архыз, изучалась в июне 2021 г. маршрутным методом. Основными лесообразователями на территории Архызского участка являются *Pinus kochiana* Klotzsch ex K. Koch, *Betula litwinowii* Doluch., *Abies nordmanniana* (Steven) Spach, *Picea orientalis* (L.) Link, *Fagus orientalis* Lipsky. Надпойменную террасу долины занимают высокотравные березняки и разнотравно-папоротниковые ольшаники. На северном склоне хребта Морг-Сырты отдельные участки заняты березняками рододендровыми. В местообитаниях



с избыточным увлажнением отмечены влажнотравные осинники. На хорошо дренированных склонах северной экспозиции произрастают пихтарники мёртвопокровные и кисличные ельники. В северной части долины наибольшее распространение получают сосняки зеленомошные и мелкотравные. В долине реки Кызгыч имеет место сложная пространственная организация лесных фитоценозов. В целях повышения точности интерпретации ДДЗ требуется проведение дальнейших натуральных изысканий для формирования базы данных о структуре и географии лесов Архызского кластера и их соотнесения с эталонами дешифрирования.

### Динамика состава современного пыльцевого дождя гор Бале (Эфиопия)

Dynamics of the modern pollen rain in the Bale Mountains (Ethiopia)

Савина К.А.<sup>1</sup>, Кузьмичева Е.А.<sup>1</sup>, Северова Е.Э.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*ksusha.sava@mail.ru, kuzmicheva.evgeniya@gmail.com, elena.severova@mail.ru*

Одна из актуальных проблем палинологии – установление связи между характеристиками пыльцевого дождя и продуцировавшей его растительностью. В Африке такие исследования малочисленны.

Целью настоящей работы было установление закономерностей формирования современных спорово-пыльцевых спектров (СПС) в горах Бале (Эфиопия). Проанализировали содержимое ловушек Бехлинга в период 2016–2018 гг. Ловушки экспонировались в течение года в семи разных растительных сообществах. СПС с одного склона или плато похожи друг на друга больше, чем на СПС с другого склона или плато. Состав изученных СПС не всегда полностью соответствует составу продуцировавшей их растительности. Так, отсутствие и малочисленность пыльцы доминирующих растений, в случае *Pouteria* и *Ocotea*, в поутериево-сизигиумном лесу, возможно, связаны с энтомофилией обоих видов, а также с плохой сохранностью пыльцы. В бамбуковом поясе пыльца злаков немногочисленна (2–5%), что скорее всего связано с эндогенной ритмикой цветения *Oldeania alpina*, который цветет раз в 15–40 лет. Вероятно, период наблюдений не совпал со временем цветения этого бамбука. Занос пыльцы может существенно обогащать СПС. Например, 18–33% от СПС афро-альпийского пояса (ААП) составляет заносная пыльца. Транспорт пыльцы, вероятно, обусловлен открытостью сообщества, а также отсутствием густого подлеска. СПС южного склона разнообразнее (27 палинотипов), чем северного (20). Предположительно это связано с ведением сельского хозяйства на северном склоне и обеднением флористического состава леса. Для доминирующих палинотипов характерны разные межгодовые колебания в значениях скорости аккумуляции пыльцы (САП). Например, значение САП для *Suzugium* с 121000 падает до 1500 пз/см<sup>2</sup>/год. В ААП значение суммарной САП наименьшее, по сравнению с другими. Этому могли способствовать особенности опыления доминирующего вида (*Helichrysum* – энтомофил) и суровые климатические условия (сильные ветра, резкие перепады дневных и ночных температур, небольшое количество осадков и т.д.).

### Высотно-поясная структура растительного покрова юго-восточного склона хребта Ивтыгин (Корякское нагорье)

Altitudinal zonation of vegetation cover on the Southeastern slope of the Ivtygin Mountain Range (Koryak Highlands)

Скворцов К.И.

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

*k.i.skvortsov@yandex.ru*

Растительность горных хребтов юга Корякского нагорья изучена очень слабо. В июле–августе 2021 г. экспедицией БИН РАН проведены геоботанические исследования в южных районах Корякского нагорья (Олюторский район Корякского округа). На юго-восточном склоне хребта Ивтыгин (высшая точка – г. Долинная, 1025 м н.у.м.) был заложен профиль в диапазоне высот от 170 до 905 м н.у.м.; вдоль высотного градиента выполнены геоботанические описания. Для ЮВ склона хребта Ивтыгин характерны четыре высотных пояса: лесной (170–310 м), стланиковый (310–500 м), горно-тундровый (500–700 м) и гольцовый (700–1025 м). Особенностью высотно-поясной структуры растительности хребта Ивтыгин является наличие на ЮВ склонах хорошо выраженного лесного пояса, образованного каменноберезняками из *Betula ermanii*. В Корякском округе они находятся на северном пределе

распространения; встречаются небольшими рощами, приуроченными к Ю и ЮВ склонам хребтов, образуя фрагментарный лесной пояс в районах, подверженных влиянию Берингова моря. Пояс стлаников представлен сообществами кедрового стланика (*Pinus pumila*), с участием ольховников из *Alnus fruticosa* и ерников из *Betula middendorffii*. На высотах 500–700 м распространены горные тундры: кустарничковые (*Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*), лишайниково-кустарничковые (*Arctous alpina*, *Diapensia obovata*, *Dryas punctata*, *Loiseleuria procumbens*) и лишайниковые (*Cladonia* spp., *Alectoria ochroleuca*, *Bryocaulon divergens* и др.). В пределах стланикового и горно-тундрового поясов (400–700 м) на склонах крутизной 40° и более растительный покров разорван каменистыми и щебнистыми осыпями. На каменистых осыпях и россыпях встречаются несомкнутые группировки петрофитов (*Dryopteris fragrans*, *Minuartia obtusiloba*, *Salix berberifolia*, *Saxifraga* spp. и др.) и лишайников (*Ochrolechia frigida*, *Umbilicaria* spp. и др.).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-05-00805-а).

### Мохообразные девонских песчаников Лужского района: состав и структура сообществ

Bryophyte communities of devonian sandstones of Luzhsky District: the structure and the species composition

Смирнова Е.В.<sup>1</sup>, Кушневская Е.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-

Петербург, Россия

st055301@student.spbu.ru

Мохообразные проявляют определённую требовательность к химическим и физическим свойствам субстрата, что неоднократно упоминается в литературе. Характеристики субстрата определяют скорость поглощения воды, эффективность закрепления пропагул, характер минерального питания и т.д. Различия в сочетаниях этих свойств обеспечивают разнообразие растений, поселяющихся на субстрате.

Целью работы стало изучение сообществ мохообразных на обнажениях песчаников Лужского района (Ленинградская область). Интерес был обусловлен как вариабельностью химического состава песчаников (анализы проведены авторами), так и предыдущими находками редких видов, приуроченных к этому субстрату. Для обследования были выбраны три обнажения бассейна реки Луга – на реке Саба, реке Ящера и ручье Растишенский. Материал собран в полевые сезоны 2018–2020 гг.

Всего отмечено 93 вида. Большинство из них встречено редко и единично, только 12 видов присутствуют на всех обнажениях. Повсеместно на плотных и осыпающихся участках песчаников распространены сообщества, состоящие из представителей родов *Pohlia*, *Leptobryum*, семейства Polytrichaceae. На кварцевых песчаниках главную роль играют ацидофильные виды: часто доминируют печёночники (*Bazzania trilobata*, *Mylia taylorii*, *Sphenolobus minutus*, *Plagiochila porelloides*, *Liochlaena subulata*). Для плотных, сухих участков обнажений, богатых оксидами металлов (Fe, K и др.), характерны маловидовые сообщества с преобладанием мхов карбонатных пород (*Gyroweisia tenuis*, *Tortula lingulata*). Возле уреза воды массово произрастают *Conocephalum salebrosum*, *Plagiothecium rossicum*, *Chiloscyphus polyanthos*, *Rhizomnium punctatum*, *Dichodontium pellucidum*, *Pellia neesiana*. Также повсеместно, но спорадически встречаются лесные мультисубстратные виды, в том числе и более субстрат-индифферентные бокоплодные мхи.

В целом сообщества песчаников характеризуются неоднородностью и дизъюнктивным расположением. Важно учитывать эту особенность при перечислении сопутствующих видов для редких находок или составлении флористических списков.

### Динамика растительности Алеутских островов в голоцене: ключевые факторы

Vegetation dynamics of the Aleutian Islands in the Holocene: key factors

Смышляева О.И.

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

smyslyaevaol@gmail.com

Алеутские острова – это архипелаг, протяженностью почти 2500 км между полуостровами Аляска и Камчатка. В течение голоцена острова заселялись с востока на запад древними алеутами, не освоившими сельское хозяйство (Davis, Knecht, 2010). Несмотря на сходный океанический климат, западные и восточные острова гряды отличаются по некоторым климатическим показателям. Кроме того, вулканическая и тектоническая активность неравномерно воздействовали на гряду в течение голоцена.

Динамика растительности была реконструирована по четырем торфяным отложениям на трех островах – Уналашка, Карлайл, Шемья. Были изучены условия формирования растительности на побережье островов и вдали от берега моря, а также на островах в восточной и западной частях гряды. Реконструкции были проведены с помощью ботанического, спорово-пыльцевого анализа и анализа стабильных изотопов ( $C^{12}/C^{13}$ ,  $N^{14}/N^{15}$ ). Для определения возраста отложений и времени ключевых изменений в экосистемах мы использовали радиоуглеродное датирование. Динамика растительности отражает климатические различия западных и восточных островов, а также различия динамики вблизи и вдали от моря. Заметное похолодание климата около 3000 лет назад было одной из основных причин смен растительных сообществ во внутренней части островов. Вулканические извержения не приводили к заметным сменам растительных сообществ на восточных островах. При продолжительном воздействии крупных колоний морских птиц на месте прибрежной тундры (о. Шемья) формировалась орнитогенная растительность, не отмеченная в других спорово-пыльцевых спектрах островов. По мере заселения Алеутских островов древними алеутами увеличивалось их воздействие на птичьи колонии, и сокращался привнос морского азота в прибрежные экосистемы с гуано морских птиц. Однако это не привело к возвращению растительных сообществ к первичной обедненной азотом кустарничковой тундре.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90071.*

### Сообщества класса *Molinio-Arrhenatheretea* в городах Камчатки Communities of class *Molinio-Arrhenatheretea* in the cities of Kamchatka

Соколова М.А.<sup>1</sup>, Девятова Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Камчатский государственный технический университет, Петропавловск-Камчатский, Россия;

<sup>2</sup>Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, Россия  
*marishka\_23\_97@mail.ru*

На территории Камчатки распространены крупнотравные (крестовниковые, шеломайниковые) гигромезофитные и пойменные (вейниковые, канареечные) луга, которые обычно встречаются в долинах и поймах рек. Видовой состав луговых сообществ небогат, обычно представлен видами семейств злаковых и сложноцветных. С развитием сельского хозяйства и выросшей антропогенной нагрузкой на территории Камчатского края формируются вторичные луга класса *Molinio-Arrhenatheretea*.

В период с 2018 по 2020 гг. в г. Петропавловске-Камчатском, г. Елизово, п. Паратунка, п. Пионерском, с. Малки было сделано 300 геоботанических описаний фитоценозов на площадях 2–25 м<sup>2</sup>. Классификация сообществ проведена методом Ж. Браун-Бланке с использованием дедуктивного метода Копечки-Гейны. Описания вносились в базу TURBOVEG и обрабатывались с использованием программы Juice. Проведен анализ флоры луговых сообществ класса *Molinio-Arrhenatheretea*. В г. Петропавловске-Камчатском и Елизовском районе класс *Molinio-Arrhenatheretea* представлен 1 порядком, 1 союзом, 2 ассоциациями, 1 сообществом с 7 вариантами, и 2 дериватными сообществами.

На селитебных территориях сообщества класса представлены инициальными и деградировавшими лугами, подверженными постоянным рекреационным и антропогенным нагрузкам. Большая часть видов в составе описанных сообществ являются заносными. Видовой состав насчитывает 100 видов сосудистых растений, которые относятся к 23 семействам. В целом луговые сообщества г. Петропавловска-Камчатского и Елизовского района сформированы светолюбивыми гемикриптофитами, преимущественно злаками, которым свойственно быстрое восстановление надземных органов.

### Методические подходы к полевым описаниям фитоценозов скальных местообитаний Ленинградской области

Field methods for description of plant communities in rocky habitats in the Leningrad region

Филиппова А.В.<sup>1</sup>, Сукристик В.А.<sup>2</sup>, Сорокина И.А.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ленинградский областной комитет по управлению государственным имуществом, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
*3992889@gmail.com, vik.sukristik@gmail.com, sorokina-irina10@yandex.ru*

Скальные местообитания на выходах кристаллических пород в Ленинградской области занимают сравнительно небольшие площади – север Карельского перешейка, острова Финского залива, юго-

западное побережье Онежского озера. Они приурочены к определенному типу субстрата (кислые гранитоидные породы, кварциты, породы основного состава – диабазы и габбро-диабазы) и характеризуются отсутствием или слабым развитием почвенного покрова, а также своеобразными растительными сообществами, включая редкие.

Ведущими в формировании сообществ на скалах являются абиотические факторы: рельеф и минералогический состав горных пород. Это диктует необходимость при выборе пробных площадей (ПП) руководствоваться ландшафтным подходом: ПП закладываются в границах местоположений элементарных ландшафтных единиц, то есть в одном элементе мезорельефа. Описание растительности делается по стандартным геоботаническим методикам с обязательным указанием крутизны и экспозиции склона, особенностей мезо-, микро- и нанорельефа, характера и степени увлажнения. В связи со значительной ролью в сообществах мхов и лишайников приводится полный состав бриофлоры и лишайнобиоты. Рекомендуемый размер ПП составляет 10×10 м для сообществ с несомкнутым древостоем и 5×5 м или в границах естественных контуров в его отсутствии. На отвесных скальных уступах, при сохранении общей площади, форма площадок может варьировать, например, составлять 10×2,5 м.

С учетом изложенного разработан бланк полевого описания фитоценозов скальных местообитаний. Методика апробирована в 2021 г. в планируемых заказниках Ленобласти – «Кузнечное» и «Оярви-Ильменйоки». Выполнено 42 полных геоботанических описания преимущественно в следующих ландшафтных местоположениях: вершинные поверхности сельг с многочисленными скальными выходами и обрывами; крутые (более 30°), местами почти отвесные, иногда ступенчатые склоны сельг; выположенные вершины и пологие (до 5°) верхние части склонов и ступени на поверхности сельг; склоны сельг средней крутизны (5–20°) с редкими скальными выходами и рыхлыми отложениями.

### **Эколого-биологическая характеристика якорцов стелющихся (*Tribulus terrestris*)**

Ecological and biological characteristics of *Tribulus terrestris*

Фокин Н.В., Зубов И.А.

МКОУ «Средняя школа №3» г. Калача-на-Дону Волгоградской области,

Калач-на-Дону, Волгоградская область, Россия

*ekodon@list.ru*

Якорцы стелющиеся (*Tribulus terrestris*) – инвазивное лекарственное растение из Восточного Средиземноморья семейства Зигофилловых (*Zygophyllaceae*), мало и недостаточно изученное в эколого-биологическом отношении. На территории Волгоградской области растение не изучалось.

Наши исследования показали высокую засухоустойчивость и жизненность якорцов стелющихся. Легко выдерживают t° 43°C при влажности 20%. Произрастает на песчаных и супесчаных почвах как вытопанных, так и паханных. Не растет на чистом песке. Растение отрастает при срезке. Требуется присутствие в окружении других растений, но не любит загущенности. Светолюбивое. Семена начинают прорастать в начале июня. Массовое цветение и плодоношение приходится на июль-август. В солнечную погоду цветки открыты около четырех часов во второй половине дня. В дождливую погоду цветки закрыты. Опыляются пчелами. На побегах якорцов одновременно находятся и цветки, и плоды в разных стадиях созревания.

Якорцы при произрастании предпочитают простор. Даже если растут на загущенном участке, то в присутствии растений, которые всходят после разрастания якорцов. В дальнейшем якорцы начинают доминировать и расти поверх своих соседей. Наиболее обильные растения – портулак огородный (*Portulaca oleracea*) и амарант (*Amaranthus*). Эти сорняки характерны для второй половины лета. При наличии пространства семена растений обильно прорастают, при этом плети одних якорцов могут идти поверх плетей других. Внутривидовая конкуренция работает слабо. При наличии простора якорцы могут образовывать «пятно» в 10–12 м<sup>2</sup> из группы особей. Сплошной зарастаемости территории якорцами нами не обнаружено.



**К изучению эпиксильной флоры и растительности на валеже лиственных древесных пород в лесостепи и южной тайге**

Epixylic flora and vegetation on deciduous wood in different regions of forest steppe and southern taiga  
Фрейдин Г.Л.<sup>1</sup>, Кушневская Е.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия  
gregory.maclion@gmail.com

В 2020 и 2021 годах были проведены исследования эпиксильной растительности в трех локациях: на территории участка «Лес на Ворскле» заповедника «Белогорье» (Белгородская область); в памятнике природы «Дудергофские высоты» (Санкт-Петербург); в долине реки Луга, входящей в проектируемый заказник «Ящера-Лемовжа» (Ленинградская область). Описания в районе «Леса на Ворскле» были сделаны в яру (овраге) в мертвопокровных лесах с верхним ярусом дуба и вторым ярусом из липы и клена. Описания в долине реки Луга были сделаны в приручьевых смешанных лесах, сложных ельниках с липой и приручьевых вязовниках страусниковых. На Дудергофских высотах пробные площади были заложены на склоне горы Ореховой в ясенево-кленовых снытевых лесах. Эпиксильная растительность изучалась на учетных площадках 12 см в диаметре на крупных древесных остатках лиственных пород, обнаруженных в пределах пробных площадей 10×10 м. В исследование включены данные 21 пробной площади, 561 описания.

Всего было найдено 58 видов мхов, 23 вида печеночников, 14 видов лишайников и 16 видов сосудистых растений. Наибольшее разнообразие по числу видов наблюдается в долине реки Луга – 54, 22, 12 и 11 видов соответственно. В двух других локациях видов значительно меньше по всем группам – 18 видов мхов в «Лесу на Ворскле» и 17 в Дудергофе, 4 и менее видов других систематических групп. Всего 8 мхов и 1 печеночник встречены на мертвой древесине во всех 3 локациях. Флористическое сходство между географическими локациями низкое, но наибольшее сходство наблюдается между составом эпиксильных группировок Дудергофа и «Леса на Ворскле».

В «Лесу на Ворскле» наиболее частый вид эпиксильных микрогруппировок – *Jochenia pallescens*, который играет значительно меньшую роль в других исследованных локациях. Подобная ситуация с *Sciuro-hyrrum reflexum* на Дудергофских высотах. Видовой состав на валеже в долине реки Луга значительно обогащен напочвенными видами хвойных лесов и эпиксильными видами, характерными для валежа хвойных пород, которые отсутствуют на других территориях.

**Структура растительного покрова государственного природного заповедника «Курильский» (на примере Саратовского и Андреевского ключевых участков)**

The structure of the vegetation cover of the «Kurilsky State Nature Reserve»  
on the example of Saratovskiy and Andreevskiy key plots

Шелухо В.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
shelukho.vera@mail.ru

Остров Кунашир является самым южным островом гряды Курильских островов. Удаленность и труднодоступность острова являются причиной малой изученности растительного покрова, в частности, его пространственной структуры. Изучаемые нами территории относятся к Курило-Сахалинскому округу Японо-Корейской океанической провинции Дальневосточной хвойно-широколиственной лесной подзоны смешанных хвойно-широколиственных лесов по классификации Воробьева. Разнообразие растительных сообществ в рамках высотной поясности обуславливают выделение двух подрайонов: Южно-Немуро-Кунаширского и Центрально-Кунаширо-Итурупского.

Целью работы является выявление закономерностей формирования структуры растительного покрова низкогорных поясов темнохвойных (пихтовые, еловые) и хвойно-широколиственных (дубовые) лесов. В работе проводится сравнение двух ключевых участков в центральной (Саратовский) и южной (Андреевский) частях острова. Данные о растительных сообществах получены при составлении геоботанических описаний (всего – 54 описания) в ходе полевых маршрутов совместно с М.Ю. Грищенко и А.С. Мурман. В результате сравнительного анализа определено, что на южном участке преобладают ольховники и дубово-еловые леса, что отражает различия в типологическом составе низкогорных поясов двух участков. Специфика ландшафтной структуры определяет большее разнообразие болот на северном участке по сравнению с южным. Днища долин северного участка более заболочены и увлажнены, поэтому

в их растительных сообществах получают развитие пойменные комплексы сообществ с обилием влаголюбивых видов растений. На южном участке фактически отсутствуют морские террасы, на северном же есть и первая, и вторая морские террасы. Ранее обрабатываемые человеком, в настоящее время эти территории относятся к охранной зоне Курильского заповедника и заняты, преимущественно, растительными сообществами с доминированием бамбука курильского (*Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino & Shibata), которые вытесняют коренную растительность.

### **Филогенетическое разнообразие растительных сообществ Республики Татарстан**

Phylogenetic diversity of plant communities in the Republic of Tatarstan

Юмагужина А.Р., Прохоров В.Е.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

9900099qw@mail.ru

Филогенетический анализ сообщества определяет степень филогенетического родства между его компонентами. Он основан на сравнении расстояний на филогенетическом древе между видами рассматриваемого сообщества и таковых параметров для случайных выборок из локальной флоры. Анализ позволяет определить, насколько состав сообществ сформирован более близкородственными видами или более выровнен и включает менее родственные виды.

Цель нашего исследования заключается в оценке филогенетического разнообразия фитоценозов Республики Татарстан и выявлении его зависимости от других параметров сообществ.

В качестве материалов для исследования использовано 2336 геоботанических описаний из базы данных «Флора». Сведения о филогенетическом расположении видов растений были получены из мегадерева GBOTB.extended.tre. Для каждого геоботанического описания были рассчитаны показатели филогенетического разнообразия: индексы PSV, PSR, PSE, PSC, PD. Средствами модуля анализа видового разнообразия для каждого геоботанического описания также определены следующие параметры: видовое богатство, таксономическое разнообразие, эколого-ценотическая и биоморфологическая структура флоры, гемеробность, условия среды по фитоиндикационным шкалам Цыганова. Для выявления зависимостей по всем парам показателей рассчитан коэффициент корреляции Пирсона.

Была обнаружена обратная зависимость филогенетических показателей от доли сегетальных видов (с PSR корреляция равна  $-0,77$ ). Прямая зависимость обнаружена между количеством видов и индексами PSR (0,95), PD (0,83), что говорит о том, что сообщества, состоят из большого количества видов. Значения PSV (0,38) и PSC (0,20) доказывают то, что виды связаны между собой.

**Натурализация *Hippophae rhamnoides* L. на территории Нижнего Новгорода**Naturalization of *Hippophae rhamnoides* L. in the city of Nizhny Novgorod

Алилова О.Р.

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

aliluyalga@gmail.com

Цель работы: оценка натурализации *Hippophae rhamnoides* L. в Нижнем Новгороде. Исследования были выполнены в период с 05.07 по 26.08 2021 года. Всего было сделано 31 описание пробных площадей. Описания выполняли по традиционной методике.

Наиболее активно вид натурализуется на нарушенных участках, для которых характерна ослабленная межвидовая конкуренция, высокая инсоляция, невысокая плотность почв и (нередко) наличие водоёмов. Особенно часто облепиха образует заросли в прирусловой пойме р. Оки. В этих условиях заросли облепихи на значительной территории вытеснили ранее широко распространенные сообщества вербы (*Salix acutifolia*). Сейчас этот вид довольно широко распространен в городе и продолжает появляться на все новых территориях. Подробно рассматривается видовой состав растений, отмеченных в зарослях *H. rhamnoides*. Составлен конспект, насчитывающий 63 вида сосудистых растений из 26 семейств и 56 родов. Самыми крупными по численности видов являются семейства *Asteraceae* (16 видов), *Poaceae* (10), *Fabaceae* (7) и роды *Artemisia* (4), *Trifolium* (3). Эколого-ценотический анализ выявил преобладание лесных и лугово-пойменных видов с небольшим участием видов степного флористического комплекса. Отмечено широкое участие евроазиатских и циркумполярных видов. Эколого-ценотический анализ видов указывает на специфичность мест натурализации *H. rhamnoides*, близких по ряду признаков к природным местообитаниям данного таксона, но отличающихся в условиях города высокой долей представителей луговой и сорной эколого-ценотических групп видов.

Изученные сообщества с доминированием облепихи принадлежат к асс. *Artemisio vulgaris-Hippophaetum rhamnoides* Golub, Bondareva, Sokoloff 2004 союза *Artemisio-vulgaris-Hippophaion rhamnoides* Golub, Bondareva, Sokoloff 2004. Диагностические виды ассоциации *Dactylis glomerata*, *Artemisia vulgaris*, *Calamagrostis epigeios*, *Tanacetum vulgare*.

**Листостебельные мхи прибрежно-водных местообитаний государственного природного заповедника «Эрзи»**

Leafy mosses of coastal and aquatic habitats of the Erzi Nature Reserve (Republic of Ingushetia)

Берсанова А.Н.<sup>1,2</sup>, Шхагапсоев С.Х.<sup>3</sup><sup>1</sup>Ингушский государственный университет, Магас, Россия;<sup>2</sup>Государственный природный заповедник «Эрзи», Назрань, Россия;<sup>3</sup>Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик, Россия

aza\_bersanova@mail.ru

Исследование листостебельных мхов заповедника «Эрзи» было начато в 2010 г. О бриофлоре прибрежно-водных местообитаний заповедника данное сообщение является первым.

Бриофлора прибрежно-водных местообитаний заповедника, расположенного в горной части республики, при сравнении с подобными местообитаниями равнинных и предгорных районов республики характеризуется более высоким бриологическим разнообразием. Всего в прибрежно-водных местообитаниях на территории заповедника выявлено 34 вида мхов.

В речках и ручьях произрастает 27 видов листостебельных мхов: *Hygroamblystegium varium*, *Palustriella commutate*, *Cratoneuron filicinum*, *Brachythecium rivulare*, *Ceratodon purpureus*, *Leptodictyum riparium* и др. Наиболее типичными видами, растущими на мокрых камнях по берегам и в русле водотоков, являются: *Brachythecium rivulare*, *Schistidium robustum*, *Ceratodon purpureus*, *Barbula convoluta*, *Niphotrichum canescens*, *Didymodon fallax* и др. На заиленной древесине, илисто-песчаных берегах и заиленных камнях произрастает только *Bryum pseudotriquetrum*. В стоячих водоемах нами были отмечены 5 видов: *Funaria hygrometrica*, *Physcomitrium pyriforme*, *Encalypta streptocarpa*, *Calliergonella cuspidate*, *Leptodictyum riparium*. Наиболее часто встречающимися видами, образующими чистые моховые группировки на больших пространствах, являются: *Fontinalis antipyretica*, *Leptodictyum riparium*, *Brachythecium rivulare*, *Bryum schleicheri*, *Cinclidotus riparius*, *Cinclidotus fontinalioides*, *Cratoneuron filicinum* и др. Обитающим только в водной среде является только один вид *Fontinalis antipyretica*.

**О ежевике из *Rubus ser. Discolores* с железных дорог Подмосковья**Notes on a bramble of *Rubus ser. Discolores* from railways of the Moscow Region

Бочков Д.А.

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

convallaria1128@yandex.ru

В ходе исследования флоры Большого кольца Московской железной дороги (БМО) выявлена ежевика, относящаяся к ряду *Rubus* L. sect. *Rubus ser. Discolores* (P.J. Müll.) Focke. Для растений этого ряда характерны мощный габитус и густое серо-белое войлочное опушение листьев снизу и чашелистиков. В России такие растения распространены в Крыму и на Кавказе. Обнаружено свыше 20 точек произрастания этой ежевики на юго-западном отрезке БМО (между ст. Манихино-2 и Столбовая).

Приведём некоторые значимые признаки обнаруженной ежевики. Турионы практически голые, плодущие побеги с редкими пучками волосков. Стебли на солнце винно-красные, в тени светло-зелёные; основания шипов и рёбра с гранями не контрастируют. Листья 5-пальчатые, верхние – тройчатые. Конечный листочек обычно вогнутый, с несколько волнистым краем. Шипы по оси соцветия явно загнутые книзу. Цветки некрупные, белые или бледно-розовые. Цветоножки с редкими сидячими желёзками.

По ключам Weber (1985, 2016), Красовской (2001) и Trávniček & Zázvorka (2005) эти растения определяются как *R. procerus* P.J. Müll. ex Boulay (*R. praecox* auct.; Matzke-Hajek, 2016). Естественный ареал вида – Западная и Центральная Европа, а также Крым (по Weber (1985) и Красовской (2001), не выделявшим *R. tauricus* Schltld. ex Juz.).

*R. armeniacus* Focke отличается крупными розовыми цветками, очень крупными листьями с выпуклым конечным листочком, прямыми шипами в соцветии, контрастирующей окраской красных оснований шипов и рёбер стебля с зелёными гранями.

Похожие растения были собраны В.Д. Бочкиным в Москве (МНА0063990–МНА0063994; МНА0064104–МНА0064107) и Л.В. Хорун в Туле (MW0386975) и определены как *R. macrophyllus* Weihe & Nees. Л.С. Красовская предположила (2001), что эти сборы – *R. armeniacus*, затем переопределила часть их как *R. ulmifolius* Schott. По-видимому, в части этих сборов представлен тот же вид, что обнаружен на БМО.

Работа поддержана грантами РНФ (21-77-20042) и РФФИ (21-34-70003).

**Инвентаризация спонтанной флоры территории Кузбасского ботанического сада**

The inventory of spontaneous flora of the Kuzbass botanical garden

Гаврилова К.С.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

gks-2510@mail.ru

Спонтанная флора – совокупность как заносных, так и природных видов, произрастающих на той или иной территории без вмешательства человека. При инвентаризации спонтанной флоры первоочередной задачей выступает выявление ее компонентов, только в этом случае можно компетентно рассуждать о степени влияния адвентивных видов на аборигенную флору.

Цель исследования – изучение спонтанной флоры территории Кузбасского ботанического сада (КБС, основан в 1991 г.) для выявления потенциально инвазионных видов. Первичное обследование флоры территории КБС проводилось в 2005–2007 гг. и выявило 312 видов сосудистых растений. Тогда же были обнаружены первые чужеродные виды, в том числе для Кемеровской области.

Сбор материала нашего мониторингового исследования осуществлялся в 2020–2021 гг., в разные периоды вегетационного сезона в различных фитоценозах КБС. Собрано около 500 листов гербария (KE) и выполнено 10 геоботанических описаний, повторно выявлено более 250 видов сосудистых растений. Данные внесены в систему IBIS 7.2 (Зверев, 2007).

Суммарно по объединенным данным флора территории КБС насчитывает 405 видов, из которых 69 (17%) – чужеродные, а 40 видов внесены в Черную книгу флоры Сибири (2016), в том числе *Acer negundo* L. со статусом 1. Адвентивная фракция в 2020-2021 гг. составила 31 вид из 30 родов и 21 семейства: Asteraceae (7 видов), по 2 вида – Poaceae, Lamiaceae, Aceraceae, Brassicaceae и 16 семейств с 1 видом. Впервые в Кемеровской области были отмечены *Melissa officinalis* L., *Filago vulgaris* Lam., *Ostericum tenuifolium* (Pall. ex Spreng.) Y.C. Chu, *Euonymus europaeus* L.

В спектре жизненных форм видов чужеродной фракции преобладают монокарпические травы (34 вида), в спонтанной же флоре – поликарпические травы (277 видов).



**Предварительные результаты изучения рецентных пыльцевых спектров Ботанического сада  
Петрозаводского государственного университета**

Preliminary results of recent pollen spectra from the Petrozavodsk State University Botanical Garden study

Горнов Д.А., Гаврилова О.А.

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

*dgornov@binran.ru*

Пыльцевой анализ воздушных спектров был проведён на территории Ботанического сада Петрозаводского госуниверситета (БС ПетрГУ) в 2019 и 2020 гг. Для исследования дальности разноса и процентного отображения пыльцы окружающих растений в палиномах на древесные интродуценты (*Hippophaë rhamnoides*, *Pseudotsuga menziesii*, *Juglans mandschurica*, *Larix sibirica*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus laevis*, *Quercus rubra*) были установлены пыльцевые ловушки на вегетационный период. Всего исследовано 16 образцов. Осадок из ловушек центрифугировали и обрабатывали ацетоллизным методом Эрдмана. Препараты изучались с помощью светового микроскопа при увеличении в 400 раз.

Во всех спектрах господствует пыльца древесных растений (58–98%). Доминируют представители хвойных, реже виды берёз. Аборигенные *Pinus sylvestris*, *Picea* sp., *Betula* sp., *Alnus* sp. широко представлены во всех пыльцевых спектрах. Количество пыльцы растений, на которые были установлены ловушки, различно в 2019 и 2020 годах. Пыльца растений, произрастающих у границы ареала – *Tilia cordata*, *Acer platanoides* была встречена, в основном, в спектрах 2019 года. Интродуцент *Syringa* sp. присутствует в некоторых образцах двух лет. Пыльца *Pseudotsuga* sp., *Taxaceae*, *Rhododendron* sp., *Hippophaë* sp. обнаружена только в образцах первого года. В 2019 году пыльца *Juglans* sp. выявлена в пяти ловушках, но в 2020 году она присутствовала повсеместно. В 2019 году пыльца *Quercus* sp. присутствовала в пяти образцах, а в 2020 году – трёх. Травянистые растения представлены незначительно, 0,3–7,5%, в основном, пыльцой местных видов растений. В спектрах присутствуют пыльцевые зёрна представителей *Poaceae*, *Asteraceae*, *Cyperaceae*.

Изученные палиномы отражают, в основном, особенности региональной растительности. Спектры из БС ПетрГУ типичны для спектров средней тайги. Не представленные в региональной флоре виды-интродуценты БС ПетрГУ, выявляются в спектрах в непосредственной близости от них. В изученных палиномах обнаруживаются пыльцевые зёрна двух и более интродуцентов, но концентрация их не велика. Обсуждаются причины отличий палиномов двух лет в связи с метеоусловиями и рядом других факторов.

**Чужеземная флора Мордовского государственного заповедника (Россия)**

Alien flora of the Mordovia state nature reserve, Russia

Есина И.Г.

Объединенная дирекция Мордовского государственного природного заповедника  
имени П.Г. Смидовича и национального парка «Смольный», Саранск, Россия

*esinairisha@gmail.com*

На сегодняшний день, важной проблемой является содержание информации о региональных и более локальных флорах в виде публикаций о новинках чужеземных флор без обобщения и систематизации этих данных в полноценные списки, на которые можно было бы опираться. В результате можно ожидать недооценки количества чужеземных растений и, соответственно, доли чужеземных видов в локальных флорах. Исследование проводилось на территории Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича (МГПЗ), который находится в северо-западной части Республики Мордовия. Его площадь – 321,48 км<sup>2</sup>.

Настоящее исследование обобщает всю совокупность данных о чужеземных видах сосудистых растений, зарегистрированных в Мордовском заповеднике.

Полученные результаты отразили современное состояние чужеземной флоры МГПЗ, которая на сегодняшний день включает 163 вида из 46 семейств, а также 59 чужеземных видов, известных только в культуре. 13 чужеземных видов встречается только в Мордовском заповеднике, большинство из которых найдены в последние годы. По сравнению с данными 2012 г. нами было отмечено значительное изменение спектра ведущих семейств по числу видов, а также значительное повышение доли чужеземных видов с 10,3% в 2012 г. до 19,0% в настоящее время. В спектре групп жизненных форм (по классификации К. Раункиера) преобладали терофиты (42,3%), гемикриптофиты (26,4%), группы древесных растений нанофанерофиты (14,7%) и фанерофиты (12,3%). Распределение видов по отношению к содержанию воды показало преобладание мезофитов (49,7%). Меньшее число видов включили группы засушливых местообитаний ксеромезофитов (25,8%) и мезоксерофитов (14,1%). Среди флорогенетических элементов

доминируют виды средиземноморского происхождения (22,4%); меньшее число видов относятся к североамериканскому (21,8%) и ирано-туранскому (16,7%) элементам. Среди групп по способу интродукции к настоящему времени значительно повысилась доля эргазиофитов (38,1%) ввиду находок различных чужеземных видов вне мест интродукции в последние годы. По степени натурализации преобладают группы эпекофитов (44,1%) и колонофитов (30,0%), тогда как эфемерофиты (14,8%) и агриофиты (11,1%) включают меньшее число видов.

### Материалы к флоре сосудистых растений Киясовского района Удмуртской республики

The materials to the flora of vascular plants of Kiyasovsky Region of Udmurtia Republic

Зуева А.С.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*annazueva5@gmail.com*

Киясовский район – один из южных районов Удмуртии, относящейся к Приволжскому федеральному округу РФ. Несмотря на периодически переиздаваемые списки флоры республики, опубликованные списки видов для отдельных районов отсутствуют.

В настоящее время на территории Киясовского района существует семь особо охраняемых природных территорий: «Родник Гремучий», «Родник Красный», «Родник Сарали», «Родник Святой», «Кырыкмасский резерват», «Троеглазовские ландшафты» и «Урочище Тополиное». Все они и их окрестности были обследованы мной в период с 19 июля по 15 августа 2021 г. «Троеглазовские ландшафты» были подробно изучены мной в полевые сезоны 2019 и 2020 гг. в ходе выполнения бакалаврской работы, результаты которой также включены в дальнейший анализ.

На основании данных, полученных в ходе полевых выездов, при изучении литературы и гербарных материалов, был составлен список флоры Киясовского района, включающий 782 вида. Из них 81 вид относится к заносным для этой территории растениям. Флора района составляет 37,7% от всей флоры Удмуртии, для которой на 2012 г. было известно 2073 вида. В ходе исследования мною были найдены 152 редких и 18 очень редких для Удмуртии видов, а также было подтверждено произрастание в районе двух видов из красной книги Удмуртии – *Adenophora liliifolia* (L.) A.DC. и *Delphinium cuneatum* Stev. ex DC. Кроме того, были отмечены виды, ранее не встречавшиеся в Удмуртии – адвентивный *Echium plantagineum* L. и аборигенный *Festuca cretacea* T.I. Popov & Proskor., а также виды, новые для Киясовского района – *Aristolochia clematitidis* L., *Eleocharis ovata* (Roth) Roem. et Schult., *Festuca valesiaca* Gaudin (аборигенные) и *Sisymbrium polymorphum* (Murr.) Roth (адвентивный).

### Является ли флора печеночников Сихотэ-Алиня единым целым?

Is the liverwort flora of Sikhote-Alin a single entity?

Климова К.Г., Бакалин В.А.

Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

*kzenia.g.klimova@mail.ru*

Сихотэ-Алинь – горная страна, расположенная на юге российского Дальнего Востока и протянувшаяся вдоль Японского моря на 1200 км. Сведения о флоре печеночников Сихотэ-Алиня в целом, тем более о ее внутрирегиональной дифференциации, были весьма фрагментарны. Особенно скудными были сведения о средней и северной частях горной страны. В ходе планомерных исследований, проводившихся нами с 2017 по 2021 гг., мы попытались изменить это положение вещей.

На основе собранных материалов, а также данных из литературных источников были составлены: (1) матрица распространения печеночников во всех известных к настоящему моменту локальных флорах в пределах Сихотэ-Алиня; (2) матрица объединенных флор Сихотэ-Алиня, составленная на основе результатов, полученных по итогам обработки первой матрицы, а также опубликованных данных о локальных флорах востока Азии. Эти матрицы должны были помочь ответить на вопросы о внутренних взаимосвязях гепатикофлор Сихотэ-Алиня, о их связях с другими гепатикофлорами востока Азии и о том, является ли всё-таки флора этой протяженной горной страны на самом деле единым целым?

При сравнении флор методом DCA (Detrended Correspondence Analysis), выяснилось, что флоры, обладающие достаточно полным спектром сообществ, на диаграмме рассеяния «сбиваются» в один основной кластер, а все маловидовые или специфические, располагаются на «окраинах» диаграммы. В основном кластере выделяются два слабовыраженных подкластера совокупных флор «южной» и «северной» частей Сихотэ-Алиня. При включении этих флор в сравнение в общую матрицу с другими

локальными флорами востока Азии, они оказываются ближайшими друг к другу. Таким образом, несмотря на значительное изменение природных условий от южной до северной оконечности Сихотэ-Алиня, в общем сравнении с флорами востока Азии эти различия широтного характера нивелируются и выглядят как локальные aberrации, что позволяет нам сделать вывод о единстве гепатикофлоры горной страны в целом.

### Особенности флоры залежей Елизовского района Камчатского края Features of the flora of deposits in Yelizovsky district of the Kamchatka Territory

Лапина А.Ю.<sup>1</sup>, Абрамова Л.М.<sup>2</sup>, Девятова Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, Россия;

<sup>2</sup>Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН, Уфа, Россия

lapinaau@kamgu.ru

На территории Камчатки сконцентрированы значительные площади заброшенных сельскохозяйственных угодий, которые постепенно перешли в залежное состояние. Залежи на разных стадиях сукцессии можно встретить повсеместно, тем не менее процессы восстановления растительности на них не изучаются.

В период с августа по сентябрь 2021 года нами было обследовано 22 залежи Елизовского района, описано 79 геоботанических площадок (25 м<sup>2</sup>). Флора залежей включает 96 видов из 25 семейств: преобладающими семействами являются *Asteraceae* (18 видов), *Poaceae* (13 видов) и *Rosaceae* (11 видов). Адвентивными являются 47 видов, наиболее частыми были *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Chenopodium album* L., *Galeopsis bifida* Voenn.

Виды, населяющие залежи, в основном представлены многолетними поликарпическими луговыми травами, гемикриптофитами. На ранних стадиях зарастания велика доля терофитов (*Persicaria maculata* (Raf.) Gray, *Chenopodium album* L., *Galeopsis bifida* Voenn), которые являются основными сорняками сельскохозяйственных угодий на Камчатке, а также встречаются виды, оставшиеся из культуры: *Avena fatua* L., *Triticum aestivum* L. (в районе с. Сосновка). На поздних стадиях зарастания залежи во флоре начинают преобладать лесные виды, например, *Thalictrum minus* L. s.l., *Angelica genuflexa* Nutt., *Pedicularis resupinata* L. На старых залежах отмечаются единичные экземпляры и подрост *Betula platyphylla* Sukacz., *Rosa amblyotis* C.A. Mey., *Spiraea media* Schmidt.

На ранних стадиях сукцессии флора залежей довольно однообразная и бедная, это связано с бедностью общей сорно-полевой флоры на Камчатке. Но с ростом синантропизации сорный компонент обогащается, и уже сейчас можно заметить увеличение доли сеgetальных видов. Дальнейшее изучение залежей поможет понять ход восстановительных сукцессий на антропогенно трансформированных участках и оценить распространение и внедрение сорных видов в заброшенные агроценозы.

### Оценка эффективности самоподдержания популяции *Pulsatilla vulgaris* Mill. в Ленинградской области

Evaluation of the effectiveness of self-replacing of the population of *Pulsatilla vulgaris* Mill. in the Leningrad Region

Леострин А.В.<sup>1</sup>, Гагарина Л.В.<sup>1</sup>, Филиппова А.В.<sup>1</sup>, Сорокина И.А.<sup>1,2</sup>, Волкова Е.А.<sup>1</sup>, Храмцов В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

aleostrin@binran.ru

Численность единственной в России популяции *Pulsatilla vulgaris* (Красная книга РФ: категория статуса редкости – 1) в Ленинградской обл. за последние 15 лет сократилась с 10–15 до 3 тыс. экз., что потребовало разработки мер по поддержанию вида. Для оценки эффективности семенного возобновления вида в 2020 г. на участках с максимальной плотностью *P. vulgaris* были заложены 12 контрольных площадок (КП) размером 2×2 м, отличающихся по степени интенсивности и давности антропогенных нарушений растительного и почвенного покрова: 6 – в границах памятника природы «Нижневолокховский», 6 – за его пределами на примыкающей заброшенной воинской части. На ООПТ существенные воздействия (выпас скота и военные учения) были прекращены в 2005–2007 гг. (а с 2017 г. введен строгий охранный режим), в то время как на примыкающей территории нарушения продолжались до последнего времени. На всех КП было выявлено 776 экз. вида: из них на ООПТ – 249 экз., вне ООПТ – 527 экз. Средняя

плотность *P. vulgaris* вне ООПТ (21,9 экз. на м<sup>2</sup>) в 2 раза превышает среднюю плотность на ООПТ (10,4 экз. на м<sup>2</sup>).

Анализ онтогенетической структуры ценопопуляций показал, что для значительной части КП характерен неполночленный спектр онтогенетических состояний. Так, на большинстве площадок в границах ООПТ отсутствуют проростки, ювенильные и имматурные растения.

Усредненный индекс восстановления для КП вне ООПТ составил 0,85, в границах ООПТ – 0,46. Индекс замещения для площадок вне ООПТ – 0,85, в границах ООПТ – 0,43. Сравнение индексов демонстрирует 2-кратное понижение эффективности самоподдержания ценопопуляций для площадок на ООПТ. Основные причины этого явления – образование сомкнутого напочвенного покрова, препятствующего успешному прорастанию семян, и постепенное закисление почв за счет разложения хвойного опада и отмирания мхов.

Выявленные закономерности указывают на необходимость создания в границах ООПТ искусственно нарушенных участков, пригодных для эффективного семенного возобновления *P. vulgaris*.

Работа выполнена в рамках проекта «Лучшие практики сохранения берегового биоразнообразия» (KSI771) программы приграничного сотрудничества «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014-2020», финансируемого Европейским союзом, Российской Федерацией и Республикой Финляндия.

### К аборигенной фракции дендрофлоры городов Средней России

Native woody flora of the Central Russian cities

Пастушенко А.Д.

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

*a.beloshenkova@gmail.com*

Аборигенная дендроурбанофлора рассмотрена в объеме дендрофлоры Рязани: 55 видов из 35 родов и 20 семейств. Число этих видов в 13 городах Средней России, по данным других авторов: 1) Белгород (45); 2) Брянск (42); 3) Воронеж (50); 4) Ижевск (44); 5) Киров (38); 6) Курск (49); 7) Нижний Новгород (51); 8) Орел (34); 9) Пермь (50); 10) Рязань (55); 11) Тверь (41); 12) Тольятти (50); 13) Ульяновск (49). 20 типичных лесообразующих видов (\*) – во всех городах.

Таяжные – 7: *Juniperus communis*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*\*, *Betula pubescens*, *Salix gmelinii*, *S. myrsinifolia*, *S. pentandra*.

Подтаяжные – 10: *Betula pendula*\*, *Euonymus verrucosa*, *Frangula alnus*, *Lonicera xylosteum*, *Populus tremula*\*, *Ribes nigrum*\*, *Rosa cinnamomea*\*, *Salix caprea*\*, *Sorbus aucuparia*\*, *Viburnum opulus*.

Неморальные – 13: *Acer campestre*, *A. platanoides*\*, *Alnus glutinosa*\*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*\*, *Euonymus europaea*, *Fraxinus excelsior*, *Malus sylvestris*, *Padus avium*\*, *Quercus robur*\*, *Tilia cordata*\*, *Ulmus glabra*\*, *U. laevis*\*.

Лесостепные – 18: *Acer tataricum*, *Amygdalus nana*, *Artemisia abrotanum*, *A. campestris*, *Cerasus fruticosa*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Cotoneaster integerrimus*, *Genista tinctoria*, *Populus nigra*, *Prunus spinosa*, *Pyrus pyraeaster*, *Rhamnus cathartica*, *Rosa canina*, *R. corymbifera*, *R. villosa*, *Salix acutifolia*, *S. vinogradovii*, *Thymus marshallianus*.

Плюризональные – 7: *Rubus caesius*\*, *R. idaeus*, *Salix alba*\*, *S. cinerea*\*, *S. triandra*\*, *S. viminalis*\*, *Solanum dulcamara*.

Наблюдается отражение зональных характеристик урбанофлор. *Acer tataricum* обычен дикорастущим (6, 12); уходит из культуры (10); как эфемерофит (9); не отмечен (11). *Acer campestre* отмечен в культуре (12) и дичает (7, 10). На болотах: *Calluna vulgaris* (2, 6, 7, 11), *Chamaedaphne calyculata* (5, 7, 11), *Vaccinium vitis-idaea* (2, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13); растут в сосняках и болотах в 20 км севернее Рязани. Таким образом, виды в культуре близ границы естественного ареала могут показывать потенциальные возможности его расширения.



**Сосудистые растения Тосненского района Ленинградской области:  
современное состояние и анализ**

Vascular plants of the Tosnensky district (Leningrad region): current state and analysis

Саидов Н.Т.

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

*nick-saidov@yandex.ru*

Тосненский район – один из центральных районов Ленинградской области. Его площадь, включая административный центр – город Тосно, составляет 3655 км<sup>2</sup>.

Инвентаризация флоры сосудистых растений Тосненского района проводилась нами в 2016–2020 гг. и включала маршрутные полевые исследования, работу с литературными источниками и гербарными фондами: СПбГУ (ЛЕСВ) и БИН РАН (ЛЕ). Составленная база данных была проанализирована математическими методами с использованием программы PASTv3.17. Особое внимание уделялось охраняемым видам и адвентивной фракции флоры.

В результате исследования установлено, что флора Тосненского района насчитывает 848 видов сосудистых растений, относящихся к 399 родам из 94 семейств. Был обнаружен вид *Euphrasia micrantha* Rchb., ранее не отмечавшийся в Ленинградской области. На территории района обнаружено 11 видов, занесенных в Красную книгу Ленинградской области (2018), 3 из которых занесены в Красную книгу РФ (2008) (*Isoetes echinospora* Durieu, *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski, *Lobelia dortmanna* L.). Ещё 32 охраняемых вида известны по гербарным материалам и из литературных источников, но не были отмечены нами. Установлены новые местонахождения 45 редких для Тосненского района видов. 18 обнаруженных видов ранее не отмечались на территории района. При анализе адвентивного компонента флоры было выявлено 95 неофитов, 44 из которых – натурализовавшиеся на территории виды, а 10 – инвазионные. Большая часть адвентивных видов имеет европейский (27% всей адвентивной флоры) и североамериканский (23%) типы ареалов.

В рамках исследования проведено сравнение флоры Тосненского района с флорой центральной части Ижорской возвышенности (Волосовский, Гатчинский, Ломоносовский районы), насчитывающей 895 видов сосудистых растений, при этом отмечено довольно высокое сходство этих флор (797 общих видов, коэффициент Жаккара составил 0,863).

**Древесные растения Сургутского ботанического сада**

Tree plants of the Surgut Botanical Garden

Богданова Д.В., Кукуричкин Г.М., Бордей Р.Х.

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

danhik-81093@yandex.ru

Инвентаризация дендрологической коллекции ботанического сада проводится ежегодно и включает: количественный учет, замеры высоты, длины и прироста, оценку поврежденности и эстетической привлекательности.

Коллекция древесных растений включает 253 таксона, относящихся к 68 родам и 33 семействам. Наибольшее количество видов и культиваров приходится на семейства: Rosaceae – 67, Salicaceae – 40, Pinaceae – 32, Aсeraceae – 16. Географический анализ позволил выявить распределение дендрофлоры по типам ареалов (не рассматривались гибриды и декоративные формы). Наиболее широко представлены следующие типы ареалов: дальневосточный – 39 (20,3%), североамериканский – 29 (15,1%), европео-азиатский – 20 (10,4%), европейский – 18 (9,4%), европео-кавказский – 11 (5,7%).

Большинство интродуцентов успешно адаптировались и переносят суровые климатические условия (среднемесячная температура января –  $-22,0^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум –  $-53^{\circ}\text{C}$ , средняя годовая температура воздуха –  $-3,4^{\circ}\text{C}$ , сумма эффективных температур –  $1300\text{--}1400^{\circ}\text{C}$ , продолжительность безморозного периода – 90–100 дней). В коллекции Ботанического сада наиболее морозостойкими оказались: *Acer tataricum*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Juglans mandshurica*, *Picea glauca*, *Tilia cordata* и др. У этих растений не наблюдается повреждений морозом побегов и почек, некоторые из них ежегодно цветут и плодоносят. Менее зимостойки: *Acer mandshuricum*, *Alnus glutinosa*, *Quercus mongolica*, *Symphoricarpos albus*, *Syringa vulgaris*. У этих видов в суровые зимы наблюдается частичное повреждение морозами годичных приростов и многолетних органов. Плохо переносят зиму такие растения как: *Acer campestre*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Picea pungens*. Эти растения ежегодно почти полностью обмерзают до уровня снега.

**Изучение зародышей *Delphinium triste* Fisch. и *D. grandiflorum* L. в условиях лесостепи Западной Сибири**The embryo research of *Delphinium triste* Fisch. and *D. grandiflorum* L. in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia

Гусар А.С.

Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

gusara663@gmail.com

Представители рода *Delphinium* L. (Ranunculaceae) представляют собой многолетние травянистые растения. Род насчитывает около 450 видов. Представители *D. triste* и *D. grandiflorum* являются перспективными лекарственными растениями, поскольку в них содержатся алкалоиды, обладающие курареподобным, гипотензивным и антибактериальным действиями. Кроме того, *D. grandiflorum* L. рассматривается как перспективное декоративное растение для озеленения городов. Данные растения перспективны для введения в культуру. При интродукции растений всегда проводится оценка качества семян. Одним из показателей качества является степень развития эмбриона.

Зародыши обоих изученных видов являются недоразвитыми. У *D. triste* они более развиты и, в основном, находятся на стадии развития семядолей (55,1%) и торпедовидной стадии (6,1%). Зародыши в семенах *D. grandiflorum* находятся на различных стадиях развития: глобулярной (5,1%), сердцевидной (7,7%), поздней сердцевидной (7,7%), торпедовидной (30,8%), поздней торпедовидной (18%), стадии развития семядолей (7,7%). Можно предположить, что такие семена будут всходить неравномерно во времени.

Значительную часть выборки семян обоих видов составляют нежизнеспособные семена с нарушениями развития эндосперма и зародыша: 23,08–38,78%. Такие семена не способны прорасти и будут снижать всхожесть данных видов. Стоит отметить, что у вида *D. grandiflorum* доля таких семян почти в два раза ниже, чем у *D. triste*. Также среди семян обоих видов была выявлена незначительная доля аномалий развития зародышей: наличие третьей семядоли, срастание семядолей.

Полученные данные будут использоваться в дальнейших исследованиях для оценки перспективности выращивания *D. triste* и *D. grandiflorum* в условиях континентального климата лесостепи Западной Сибири.

**Опыт интродукции редкого вида *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) в Ботаническом саду  
Южного федерального университета**

Experience of introduction of a rare species *Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) to the Botanical Garden  
of the Southern Federal University

Кузьменко И.П., Шмараева А.Н.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

*ipkuzmenko@sfedu.ru*

*Hedysarum grandiflorum* Pall. (Fabaceae) – копеечник крупноцветковый – восточноевропейский вид, внесенный в Красную книгу Ростовской обл. с категорией статуса редкости 3 в, д как редкий вид, имеющий узкую экологическую приуроченность и ограниченный ареал. Включен в Красную книгу РФ. *H. grandiflorum* – многолетнее глубокостержнекорневое травянистое растение 20–40 см высотой, гемикриптофит, ксерофит, гелиофит, петрофит и кальцефил; экологически и ценотически приурочен к обнажениям мела и мергеля.

*H. grandiflorum* содержится в коллекции редких и исчезающих видов растений Ростовской области Ботанического сада ЮФУ с 2010 г. В процессе первичной интродукции копеечника крупноцветкового проводились наблюдения за ростом и развитием растений с использованием общепринятых методик.

По феноритмотипу *H. grandiflorum* относится к группе длительновегетирующих летне-зимнезеленых растений. Массовое цветение приходится на май – начало июня, массовое плодоношение – на конец июня – середину июля. У отдельных особей цветение и плодоношение продолжается до заморозков (ноябрь). *H. grandiflorum* ежегодно обильно цветет и плодоносит, дает самосев, средняя полевая всхожесть свежесобранных семян составляет  $8,05 \pm 1,38\%$ .

Успешность первичной интродукции *H. grandiflorum* в Ботанический сад оценивалась по 7-ми балльной шкале В.В. Бакановой. Копеечник крупноцветковый характеризуется нормальным развитием вегетативных органов, массовым цветением и плодоношением, зимостойкостью, засухоустойчивостью, способностью единично саморасселяться, то есть набирает 6 баллов из 7 возможных, что свидетельствует о перспективности сохранения этого вида *ex situ* и его массового размножения с целью репатриации и реконструкции угасающих природных популяций.

**Рост и развитие *Ginkgo biloba* L. в Москве**

Growth and development of *Ginkgo biloba* L. in Moscow

Куликова А.В., Соколова В.В., Гусев Е.М.

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

*soka22@mail.ru*

При обследовании зеленых насаждений в городе Москве нами было выявлено 58 экземпляров гинкго высотой от 0,6 до 10 м, с диаметрами ствола от 0,5 до 26 см. Растет он во дворах домов, на территории детских образовательных учреждений и музеев, в городских парках и ботанических садах. В стадию плодоношения вступило дерево возрастом 51 год, произрастающее на территории Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева. Осыпание плодов у него происходит в последней декаде октября, одновременно с листопадом. В 2019 г. образовалось не менее 1 кг семян со средней массой без мезокарпа – 1,34 г. Однако, зародыш в семенах не развивается из-за отсутствия мужского цветения. Образование женских мегастробиллов зафиксировано также у небольшого деревца гинкго высотой 3,5 м (диаметр ствола 7 см), растущего во дворе дома на ул. Зои и Александра Космодемьянских. Появление женских репродуктивных органов у него отмечено в конце мая 2021 г., однако, в конце июня они опали.

Набухание почек у деревьев наступало в разные годы с 23 по 28 апреля, а распускание листьев – во второй декаде мая (8–15 мая), конец листопада наблюдался с 19 октября по 15 ноября и обычно совпадал с понижением температуры воздуха до отрицательных значений. Таким образом, продолжительность вегетационного периода гинкго колебалась по годам в пределах 159–189 дней. В условиях Москвы у растений ежегодно происходило одревеснение однолетних побегов до наступления холодов. Зимостойкость взрослых деревьев достаточно высокая. После отмеченного в январе 2017 г. абсолютного минимума температуры  $-29,9^{\circ}\text{C}$ , повреждений древесины у растений отмечено не было, репродуктивные почки у плодоносящего дерева нормально сохранились и летом в 2017 г. образовались плоды, несмотря на то, что оно стало самым холодным в XXI в.

Накопленный положительный многолетний опыт культивирования гинкго двулопастного в условиях умеренно-континентального климата позволяет рекомендовать его для использования в составе дополнительного ассортимента для озеленения города.

### Опыт интродукции редкого вида *Stipa adoxa* Klok. et Ossyecznyuk (Poaceae) в Ботаническом саду Южного федерального университета

Experience of introduction of a rare species *Stipa adoxa* Klok. et Ossyecznyuk (Poaceae) to the Botanical Garden of the Southern Federal University

Макарова Л.И., Шмараева А.Н.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

*lmak@sfedu.ru*

*Stipa adoxa* Klok. et Ossyecznyuk (Poaceae) – ковыль незаметный – приазовско-донской эндемик, имеющий в Красной книге Ростовской области категорию статуса редкости 1 б как вид, находящийся под угрозой исчезновения. Ареал состоит из 2 участков – Хомутовская степь (Украина) и Ростовская область. Включен в Приложение к Красной книге РФ. Ковыль незаметный – это многолетнее плотнодерновинное травянистое растение до 1 м высотой, мезоксерофит, гелиофит, петрофит. В Ростовской области обитает в каменистой степи на меловых склонах.

*S. adoxa* содержится в коллекции редких и исчезающих видов растений Ростовской области Ботанического сада ЮФУ с 2014 г., площадь интродуцированной микропопуляции – 84 кв. м., численность – более 250 разновозрастных особей. В процессе первичной интродукции ковыля незаметного в Ботанический сад осуществлялись наблюдения за ростом и развитием растений с использованием общепринятых методик.

По феноритмотипу *S. adoxa* относится к группе длительновегетирующих зимнезеленых растений с летним полупокоем. *S. adoxa* ежегодно обильно цветет и плодоносит, дает самосев. Массовое цветение происходит во второй декаде мая, массовое плодоношение – в начале – середине июня. Полевая всхожесть свежесобранных семян в разные годы составляет 11,0–44,8%. В Ботаническом саду ковыль незаметный в отдельные годы повреждается изозомой пунктированной (*Tetramesa punctata* Zer. из семейства Eurytomidae), но она не причиняет растениям существенного вреда.

По 7-ми балльной шкале оценки успешности интродукции В.В. Бакановой *S. adoxa* набирает 7 баллов из 7 возможных, что свидетельствует о перспективности сохранения этого вида *ex situ* и его массового размножения с целью репатриации и реконструкции угасающих природных популяций.

### Восстановление фрагмента ковыльной степи в ГБС РАН

Restoration of feather grass steppe fragment in the Main Botanical Garden RAS

Мальцева Н.К., Саодатова Р.З.

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

*maltseva-art@mail.ru, rsaodatova@mail.ru*

С 2009 г. проводится восстановление фрагмента ковыльной степи на экспозиции флоры Восточной Европы, где растут некоторые виды ковылей. В качестве примера можно привести восстановление интродукционной популяции *Stipa capillata* L. за счет репродукции. Исходным материалом для создания популяции послужили семена, собранные в 2017 г. в Крыму. В 2020 г. со 02/IX по 26/X собрано 414 шт. семян *ex situ*. Семена разделены на 3 группы по срокам сбора: ранний, промежуточный и поздний. Длина (мм) пленчатого плода без остей ( $n = 80$ ) во время раннего созревания составляет  $11,95 \pm 0,08$  (9-13,5), во время промежуточного –  $11,43 \pm 0,09$  (8,5-12,5) и во время позднего –  $11,32 \pm 0,09$  (9-13). Масса в пересчете на 1000 семян в 1 группе 2,625 г, во 2 – 4,0 г и в 3 – 4,125 г. Лабораторная всхожесть семян позднего сбора выше (93%), чем раннего (63%) и промежуточного (73%). Появление первых проростков зафиксировано на 7-8 день после посева. Прорастание семян в лабораторных условиях продолжалось 31-32 дня. Посадка растений в открытый грунт проведена в конце мая дерновинами по 19-22-28 особей в каждой дерновине. В 2021 г. с 19/VIII по 08/XI собрано 2684 шт. семян того же образца. Длина пленчатого плода без остей ( $n = 80$ ) во время раннего созревания составляет  $12,49 \pm 0,08$  (11-14,5), во время промежуточного –  $12,57 \pm 0,08$  (11-14,5) и во время позднего –  $12,2 \pm 0,11$  (10-14). Масса в пересчете на 1000 семян в 1 группе 4,38 г, во 2 – 4,5 г и в 3 – 4,5 г. Чем позднее созревают семена у *S. capillata*, тем выше у них масса, а длина, наоборот, уменьшается. Таким образом, для восстановления интродукционной популяции *S. capillata* необходимо наличие массового посадочного материала, полученного путем искусственного размножения. Семена



местной репродукции следует собирать, учитывая высокую всхожесть семян позднего срока созревания, с конца сентября по октябрь. Посев проводить в третьей декаде марта по 30 шт. семян в пластмассовые контейнеры размером 100 см<sup>2</sup>, чтобы получить дерновины и пересадить их в конце мая в открытый грунт.

### Перспективные виды и сорта *Tulipa* L. для озеленения Юго-Востока Казахстана Species and varieties of *Tulipa* L. promising for landscaping in the South-East of Kazakhstan

Мырзабекова Д.К., Изатулла Ж.И.

Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан  
myrzabekova1996@mail.ru

В настоящее время проблема озеленения является одной из актуальных. В этом отношении тюльпаны перспективны для создания весеннецветущих клумб в городах Казахстана. Задача исследования – определение длительности цветения дикорастущих видов и культурных сортов в условиях культуры, а также коэффициента размножения у культурных сортов.

Объектами исследования стали дикорастущие виды *Tulipa ostrowskiana* Regel, *Tulipa kolpakowskiana* Regel и *Tulipa tarda* Stapf и культурные сорта ‘*Jumbo pink*’, ‘*Monsella*’, ‘*Salmon Prince*’, ‘*Sinaeda King*’, ‘*Shirley Double*’.

На основании полученных результатов в условиях ботанического сада г. Алматы *Tulipa kolpakowskiana*, *Tulipa ostrowskiana*, *Tulipa tarda* имеют общую продолжительность цветения 16–17 дней, что является преимуществом для озеленения. Общая продолжительность цветения культурных сортов составляет 9–10 дней. Преимуществами культурных сортов являются декоративность и массовое цветение. Определения коэффициента размножения выявило сортовую специфику. Самый высокий показатель у сорта ‘*Gavota*’ – 4,9, самый низкий у сорта ‘*Sinaeda King*’ – 2,5. У трёх сортов ‘*Salmon Prince*’, ‘*Monsella*’, ‘*Jumbo Pink*’ коэффициент размножения соответственно 3,1, 3,0, и 2,8.

По результатам фенологических исследований рекомендуем использовать дикорастущие в Казахстане виды в ландшафтных композициях с культурными сортами тюльпанов. Общая продолжительность декоративного эффекта предлагаемой композиции 31 день. Коэффициент размножения культурных сортов варьирует от 2,5 до 4,9.

### Интродукция видов рода калина (*Viburnum* L.) в Дендрологическом саду имени Р.И. Шредера

Introduction of species of the genus *Viburnum* L. in the Arboretum named after R.I. Schroeder

Сахоненко А.Н.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия  
alesx@mail.ru

Опыты по интродукции видов рода калина ведутся в Дендрологическом саду имени Р.И. Шредера практически с его основания. С середины 19 до начала 20 века в саду были испытаны *Viburnum acerifolium*, *V. burejaeticum*, *V. edule*, *V. lantana*, *V. lentago*, *V. opulus*, *V. prunifolium*, *V. tomentosum*. Устойчивыми и долговечными оказались лишь *V. opulus*, *V. lantana*, *V. lentago*. Эти виды практически всегда были представлены в коллекции сада. Другие виды либо вымерзли (*V. acerifolium*, *V. edule*, *V. tomentosum*), либо погибали, не выдерживая конкуренции с местными видами (*V. burejaeticum*, *V. prunifolium*).

С 1997 по 2000 год коллекция сада пополнилась *V. carlesii*, *V. dentatum*, *V. farreri*, *V. hupehense*, *V. recognitum*, *V. × rhytidophylloides*, *V. sargentii*, *V. schensianum*. Также были реинтродуцированы *V. burejaeticum* и *V. prunifolium*. С 2010 по 2020 годы проводились опыты по дополнительному изучению вышеназванных видов, а также *V. cassinoides*, *V. corylifolium*, *V. furcatum*, *V. japonicum*, *V. molle*, *V. mongolicum*, *V. tinus*, *V. veitchii*, *V. wrightii*. При выращивании перечисленных видов не удалось добиться положительных результатов для *V. furcatum*, *V. schensianum*, *V. veitchii* и вечнозелёной *V. japonicum*. Вечнозелёная *V. tinus* оказалась способной зимовать под снегом.

Наиболее интересными из перечисленных видов являются *V. carlesii*, *V. cassinoides*, *V. × rhytidophylloides* и *V. wrightii*. *V. carlesii* выделяется обильным ранневесенним цветением, цветки имеют розоватый оттенок. *V. cassinoides* имеет тёмно-зелёные узкоэллиптические листья с оттянутой верхушкой. *V. × rhytidophylloides* – гибридный вид, особи которого проявляют большую изменчивость. Наиболее декоративны особи, по форме и структуре листа близкие к *V. rhytidophyllum*, но при этом являющиеся листопадными или полулистопадными растениями. *V. wrightii* декоративна сердцевидными морщинистыми листьями, обильным цветением и тёмно-красными плодами. Плоды съедобны и могут использоваться как лекарственное сырьё.

## КЛЕТОЧНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И МЕТАБОЛИЗМ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ

**Роль липопептидов бактерий рода *Bacillus* в регуляции защитного ответа растений пшеницы к обыкновенной злаковой тле *Schizaphis graminum* (Rond.)**

The role of lipopeptides of bacteria *Bacillus* spp. in the regulation of the defense response of wheat plants against greenbug aphid *Schizaphis graminum* (Rond.)

Алексеев В.Ю., Веселова С.В., Черепанова Е.А., Румянцев С.Д., Бурханова Г.Ф., Максимов И.В.  
Институт биохимии и генетики – Обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия  
*valentin-1994@yandex.ru*

Новым подходом в защите растений от тлей является использование биопрепаратов на основе эндофитных бактерий и их метаболитов. Среди бактериальных метаболитов липопептиды (ЛП) бактерий рода *Bacillus* представляют особый интерес. Многочисленные работы подтверждают ключевую роль липопептидов бацилл – сурфактинов, итуринов и фенгицинов – в антибиотической активности бактериальных штаммов, что играет важную роль в контроле вредных организмов. Однако все функции ЛП до конца еще не раскрыты. Нами получены липопептид-богатые фракции (ЛБФ) из среды культивирования штаммов *B. subtilis* 26Д и *B. subtilis* 11ВМ, содержащие сурфактин и итурин, соответственно. Показано, что оба штамма обладали довольно высокой афицидной активностью благодаря синтезу ЛП. Как сами бактериальные штаммы, так и их ЛБФ обладали рост-стимулирующим эффектом и повышали выносливость растений, заселенных обыкновенной злаковой тлей. При опосредованном через растение воздействии бактериальные штаммы и их ЛБФ индуцировали системную устойчивость, что проявлялось в накоплении перекиси водорода, повышении активности пероксидаз и накоплении транскриптов генов, кодирующих защитные белки маркеры салицилат (СК)- и жасмонат (ЖК)-сигнальных путей (*PR-1*, *PR-2*, *PR-3*, *PR-6*, *PR-9*). Для изучения влияния сурфактина на развитие устойчивости растений пшеницы к обыкновенной злаковой тле *S. graminum* нами была использована «дефицитная» по синтезу сурфактина линия бактерии *B. subtilis* 26Дsf<sup>r</sup> с неактивным геном 4-фосфоантенил-трансферазы (*sfp*). Рекомбинантная линия *B. subtilis* 26Дsf<sup>r</sup> частично теряла способность к стимуляции роста и полностью теряла способность подавлять размножение обыкновенной злаковой тли. С использованием рекомбинантной линии *B. subtilis* 26Дsf<sup>r</sup> было доказано, что именно сурфактин влиял на редокс-статус растений, изменяя активности ферментов и содержание перекиси водорода, а также влиял на индукцию экспрессии маркерных генов СК- и ЖК-сигнальных путей.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 20-316-90021.*

**Культивирование *Caragana scythica* (Kom.) Pojark. *in vitro***

Cultivation of *Caragana scythica* (Kom.) Pojark. *in vitro*

Бакулин С.Д., Ермолаева О.Ю., Чохели В.А., Вардуни Т.В.

Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского,  
Ростов-на-Дону, Россия  
*bakulinsd@yandex.ru*

Цель работы – разработка технологии культивирования *Caragana scythica* (Kom.) Pojark. *in vitro*.

Для введения в культуру использовали семенной материал из коллекции редких и исчезающих видов растений Ботанического сада ЮФУ. Стерилизацию посадочного материала производили с использованием таких веществ, как этанол 70%, перекись водорода 3%, гипохлорит натрия 20%, нитрат серебра 0,1% и нитрат ртути 0,2%. Использовали питательные среды MS, B5, ½MS, ½B5 с внесением цитокининовых регуляторов роста: 6-бензиламинопурин (BAP), *meta*-тополин (*mT*), кинетин (KN). Определяли среднее количество побегов на растение (коэффициент мультипликации) в каждом варианте эксперимента. Полученные данные были проанализированы с помощью многофакторного дисперсионного анализа. Были произведены парные сравнения значений коэффициента всех вариантов опыта с применением *t*-критерия Стьюдента.

Удалось добиться 100% уровня стерильности семян, используя смесь этанола и перекиси в качестве стерилизующих агентов. При использовании других методик стерилизации семена погибали от избыточного или недостаточного действия стерилизующих веществ.

Результаты экспериментов и статистического анализа показали, что среды MS + 1,0 мг/л *mT* и MS + 1,5 мг/л *mT* являются одинаково эффективными для микроклонирования *C. scythica in vitro*. Коэффициент мультипликации составил 3,30±0,45 и 3,30±0,45 побега на растение соответственно. Использование *mT* во всех вариантах сред стимулировало мультипликацию растений. Растения выглядели

здоровыми. При использовании ВАР, KN, особенно с повышением их концентрации, у растений появлялись признаки некроза, хлороза и витрификации. Нарушения в росте и развитии растений чаще наблюдались при использовании сред с пониженной концентрацией макроэлементов.

Использование полной среды MS совместно с внесением *mT* в концентрациях 1,0–1,5 мг/л является эффективным приемом для успешного поддержания растений *C. scythica in vitro*. В дальнейшем планируется проведение исследования по ризогенезу *C. scythica in vitro*.

**Экспрессия генов метаболизма и ответа на салициловую кислоту в растениях при дефиците кислорода и последующем окислительном стрессе**

Expression of genes involved in salicylic acid metabolism and signaling during anoxia and post-anoxic oxidative stress in plants

Бертова А.Д., Емельянов В.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
*arosamarena@gmail.com*

Салициловая кислота (СК) – фитогормон, участвующий в адаптации растений к разнообразным факторам среды обитания. В числе губительных для агрокультур воздействий находится затопление, приводящее к дефициту кислорода в тканях растений и окислительному стрессу в ходе реаэрации. Ранее нами было показано, что устойчивые к затоплению растения, такие как рис, отличаются высоким содержанием СК, при этом уровень СК в тканях возрастает в условиях стресса, вызванного аноксией. Цель настоящей работы состояла в анализе экспрессии генов, кодирующих ферменты метаболизма и белки ответа на СК в растениях при аноксии и последующей реаэрации. Объектами исследования явились растения риса (*Oryza sativa* L., устойчивое растение) и пшеницы (*Triticum aestivum* L., неустойчивое растение). Относительную экспрессию генов интереса оценивали методом ОТ-ПЦР в реальном времени.

Нами показана активация транскрипции генов биосинтеза (*OsICS1*, изохоризматсинтаза) и деконъюгации (*OsBGlul3*, бета-глюкозидаза) СК у риса в условиях аноксии и последующей реаэрации. При этом отмечено снижение экспрессии генов салицилат-гликозилтрансферазы (*OsSGT*, *TaSGT*), катализирующей превращение СК в запасную форму, как у риса, так и у пшеницы. В ходе реаэрации в обоих видах установлено увеличение экспрессии генов фенилаланинаммиаклиаза (*OsPAL*, *TaPAL*) – фермента фенилпропаноидного пути, также участвующего в синтезе СК. Показано увеличение числа транскриптов генов, вовлеченных в сигналинг и ответ на СК. В условиях аноксии у риса активировалась транскрипция гена *OsNPR1*, кодирующего вероятный рецептор СК (NPR1), в побегах пшеницы отмечена стимуляция экспрессии гомологичного гена *TaNPR1*. При дефиците кислорода повышалась экспрессия генов альтернативной оксидазы (*OsAOX1*, *TaAOX1*), относящейся к СК-индуцибельным белкам. Таким образом, впервые охарактеризована экспрессия генов салицилатной системы при абиотическом стрессе, вызванном аноксией и последующей реаэрацией.

*Исследование проведено при поддержке РФФИ (проект №18-04-00157).*

**Аспекты структурного и генетического сходства растений *Hyssopus officinalis* L., культивируемых *ex situ* и *in vitro***

Structural and genetic fidelity aspects of *Hyssopus officinalis* L. plants cultivated *ex situ* and *in vitro*

Булавин И.В.<sup>1</sup>, Иванова Н.Н.<sup>1</sup>, Сидякин А.И.<sup>1,2</sup>, Сахно Т.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта, Россия;

<sup>2</sup>Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Россия  
*cellbiolnbs@yandex.ru*

Клональное микроразмножение – один из наиболее эффективных способов получения посадочного материала в значительных объемах за достаточно короткий промежуток времени, применение которого оправдано при работе с сортами и формами различных коммерчески ценных культур, что позволяет получить генетически однородный материал. Для *Hyssopus officinalis*, как перспективного растения южных регионов, в Никитском ботаническом саду был разработан эффективный метод прямой регенерации *in vitro*. Считается, что размножение подобным способом позволяет получить растения генетически идентичные исходному материалу. Тем не менее, некоторые исследователи отмечают, что добавление регуляторов роста в состав питательных сред может приводить к возникновению структурных изменений и генетической нестабильности при культивировании *in vitro*. В связи с этим целью нашей работы являлось изучение морфолого-анатомических характеристик и определение генетического

сходства между эфирносами *ex situ* и *in vitro*. В качестве исходного материала использовали растения *H. officinalis* L. сорта «Никитский Белый» селекции НБС. Регенерацию из сегментов побега с узлом осуществляли на модифицированной питательной среде Мурасиге и Скуга, дополненной 6-бензиламинопурином (БАП) в концентрациях 0,3–1,0 мг/л и 0,1 мг/л индолил-3-масляной кислоты (ИМК). Установлено, что внесение 0,3–0,5 мг/л БАП являлось достаточным для формирования и развития морфологически нормальных органов. Генетический анализ на основе RAPD и ISSR-метода показал полное генетическое сходство между исследованными растениями *ex situ* и *in vitro*.

**Получение трансгенных линий *Arabidopsis thaliana* для изучения регуляции автофагии**  
Preparation of transgenic *Arabidopsis thaliana* lines to study the regulation mechanisms of autophagy

Буснюк Д.А.<sup>1</sup>, Евкайкина А.И.<sup>2</sup>, Тютерева Е.В.<sup>2</sup>, Войцеховская О.В.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

*busnyukdaniil@yandex.ru*

Автофагия – процесс деградации и утилизации повреждённых или ненужных внутриклеточных структур, происходящий с помощью двумембранных органоидов – автофагосом, изолирующих материал и доставляющих его в литический компартмент для расщепления. Целью работы было получение трансгенных линий *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. дикого типа и мутантов, лишённых калиевого канала *GORK*, стабильно экспрессирующих флуоресцентный белок *NeonGreen*, сшитый с белком *ATG8a* автофагосом. Вектор для агробактериальной трансформации был получен путём модификации вектора *pLIIBR3*, предоставленного Dr. T. Ott (Германия), содержащего кДНК *NeonGreen-ATG8a* под контролем промотора гена убиквитина. Экспрессия данного конструкта в клетках растений позволяет визуализировать автофагосомы под микроскопом. Модификация вектора состояла в замене гена *bar*, кодирующего фермент фосфинотрицин-ацетилтрансферазу, на вставку с геном дигидрофолатредуктазы, необходимым для отбора трансформантов по устойчивости к метотрексату (MTX).

Для этого рестриктазами *KpnI* и *EcoRV* проводили рестрикцию *pLIIBR3*. Одновременно с плазмиды *pMEX001* (предоставлена Dr. K. Pawlowski, Швеция) была амплифицирована последовательность DHFR, в которую вводились сайты рестрикции *KpnI* и *EcoRV*. ПЦР-продукт подвергался рестрикции и лигировался в вектор *pLIIBR3*. Готовый вектор проверяли секвенированием области Т-ДНК. Полученным вектором трансформировался штамм *GV3101pMP90RK A. tumefaciens*, который использовался для *floral dip* трансформации арабидопсис дикого типа *Wassilewskija*, мутанта *gork 1-1* и нескольких линий в бэкграунде *gork 1-1*, комплементированных нативной либо модифицированной последовательностью *gork* (предоставлены Dr. I. Dreuer, Чили). Семена T<sub>0</sub> проращивались на MTX среде; устойчивые проростки переносились в грунт. На текущем этапе проводится ПЦР-генотипирование T<sub>0</sub> растений с праймерами к фланкирующим последовательностям *atg8* и *dhfr* и отбор последующих поколений на среде с MTX в сочетании с ПЦР анализом наличия трансгенов. Будет получено по пять независимых линий каждого генотипа, которые будут использованы в исследовании роли K<sup>+</sup> в регуляции автофагии.

**Влияние салициловой кислоты на устойчивость растений к кислородной недостаточности**

The influence of salicylic acid on plant tolerance to oxygen deficiency

Ванисов С.А., Бертова А.Д., Смирнов П.Д., Емельянов В.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*s.vanisov@mail.ru*

В научной работе рассмотрено участие салициловой кислоты в регуляции способов защиты к условиям кислородной недостаточности у проростков пшеницы (*Triticum aestivum*) и риса (*Oryza sativa*). Исследовано содержание салициловой кислоты у растений гидрофитов и мезофитов Ленинградской области. Выявлено, что аккумуляция салицилата в побегах характерна для устойчивых к затоплению растений (риса и других гидрофитов). Показано, что салициловая кислота оказывает благотворное действие на растения: способствует повышению жизнеспособности, подавляет продукцию пероксида водорода и окислительные модификации липидов, благодаря чему может применяться для уменьшения негативных последствий при выращивании растений на переувлажненных почвах. Использовались следующие методы исследования: тетразолиевый тест и измерение выхода электролитов для определения жизнеспособности, определение пероксида водорода с помощью FОх-реагента, определение содержания



продуктов перекисного окисления липидов с тиобарбитуровой кислотой, определение содержания салициловой кислоты с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Исследование поддержано РФФ № 22-24-00484.

### **CRISPR/Cas, tell me what the GATA do: gene knockout in the green algae *Chlamydomonas reinhardtii***

CRISPR/Cas, tell me what the GATA do: генный нокаут у зелёной водоросли *Chlamydomonas reinhardtii*

Virolainen P.A.<sup>1,2</sup>, Chekunova E.M.<sup>1</sup>, Verbenko V.N.<sup>2</sup>, Sizova I.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia;

<sup>2</sup>Saint Petersburg Institute of Nuclear Physics named after B.P. Konstantinov of the National Research Center «Kurchatov Institute», Gatchina, Leningrad Region, Russia

s.pasha98@yandex.ru

The adaptation of cells to environmental conditions mostly based on the regulation of genes that control various metabolic processes. Transcription factors (TFs) are the key players in gene expression modulation, and their study can reveal specificity and expansion of TF families of different organisms. An example of plant-specific TFs expansion is the GATA family: genomes of photosynthetic organisms encode dozens of GATA TFs – 30 genes in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., 87 in *Gossypium hirsutum* L., and only 6 in *Homo sapiens*. GATA family TFs bind to the consensus sequence (A/T)GATA(A/G), which is often found in promoters of light-regulated genes. We believe that these proteins appeared in eukaryotes as adaptation of organisms to light, and it ensured the transition from heterotrophic to phototrophic type of nutrition.

The role of GATA TFs in the metabolism of algae, in contrast to higher plants and fungi, is poorly studied: we know only the *LTS3* gene of *Chlamydomonas reinhardtii* P.A. Dang., a transcription activator of genes encoding enzymes for chlorophyll biosynthesis under heterotrophic conditions. Little is known for certain about the other GATA-coding genes and the functions of their protein products.

We anticipate our assay to be a starting point for studying the functions of GATA family TFs in green algae. Currently, we designed sgRNA for 4 GATA-genes in *C. reinhardtii*, tested the activity for 1 of them and optimized the electroporation procedure. The application of the CRISPR/Cas method to genes encoding GATA TFs will make it possible to elucidate their functions – this is not only an opportunity to understand the genetic mechanisms of the most evolutionarily ancient dark synthesis of chlorophyll, but also the prospect of creating new strains valuable for fundamental research and for biotechnological use.

*This research was funded by the Genome Research Centre development program “Kurchatov Genome Centre–PNPI” (agreement No. 075-15-2019-1663).*

### **Поиск регуляторов развития флоэмы у картофеля (*Solanum tuberosum* L.)**

Identification of regulators of phloem development in potato (*Solanum tuberosum* L.)

Ганчева М.С., Лутова Л.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

ganchovai@gmail.com

Клубень у картофеля образуется благодаря активным делениям клеток клубня и формированию проводящих тканей, в том числе флоэмы, которая транспортирует фотоассимиляты из листьев в клубень. В формировании флоэмы у резуховидки вовлечены пептиды группы CLE – это гормоны белковой природы, играющие центральные роли в развитии и функционировании растений. В развитии флоэмы участвуют два пептида CLE: CLE25 является позитивным регулятором развития флоэмы, а CLE45 – негативным. В опытах по подавлению пути, идущего от пептида CLE25, наблюдалось торможение транспорта продуктов фотосинтеза из листьев в корень. Для клубня картофеля, являющегося органом запасаения, эффективная работа флоэмы приобретает куда большее значение. Нами произведен поиск генов *CLE* и их рецепторов, экспрессирующихся во флоэме картофеля, а также созданы конструкции для анализа измененного уровня экспрессии генов *CLE* и для анализа активности промоторов генов *CLE* и их рецепторов. Проведен анализ активности промоторов генов *CLE*, а также их рецепторов, которые предположительно регулируют развитие флоэмы у картофеля. Обнаружено влияние сверхэкспрессии гена *StCLE12* на пролиферацию клеток камбия, а гена *StCLE19* на структуру клеток камбия и на процесс образования корней.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-316-80004.*

**Роль генов, кодирующих ферменты синтеза АБК, при развитии арбускулярной микоризы**

The role of genes encoding enzymes of ABA synthesis in the development of arbuscular mycorrhiza

Горьков В.И.<sup>1</sup>, Бертова А.Д.<sup>2</sup>, Емельянов В.В.<sup>2</sup>, Шишова М.Ф.<sup>2</sup><sup>1</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия;<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

gorkovvibp@mail.ru

Арбускулярная микориза является формой мутуализма, характеризующегося образованием ветвящейся системы гиф гриба во внутрикорневом пространстве и обеспечивающего обмен веществ между растением-хозяином и грибом. Этот процесс сопровождается изменением формы и состава биомассы корня, а именно увеличением количества боковых корней и повышением концентрации фосфора в тканях корня. В формирование арбускулярной микоризы вступают грибы отдела Glomeromycota и 96% семейств наземных растений, в связи с чем исследование механизмов установления данного симбиоза представляет особый интерес с теоретической и практической точки зрения.

Хотя разнообразие структур микоризы изучено достаточно хорошо, механизмы регуляции ее формирования во многом остаются неясными. Одним из таких механизмов является динамический баланс фитогормонов, влияние на который может оказывать как растение-хозяин, так и гриб. Существующие на данный момент фрагментарные и неоднозначные данные об уровнях абсцизовой кислоты (АБК) в тканях микоризованных растений актуализируют исследования, касающиеся ферментов, задействованных в регуляции АБК при развитии арбускулярной микоризы.

Для данного исследования были отобраны ферменты, которые наиболее значимы для биосинтеза АБК у растений. Это ферменты каратиноидного пути, кодирующиеся генами клад ZEP, NCED и AAO. Были идентифицированы гены у *Medicago lupulina* L., гомологичные генам интереса у арабидопсиса, и к ним были подобраны праймеры для дальнейшего проведения анализа накопления их транскриптов в тканях микоризованных растений *M. lupulina*.

**Роль малых сигнальных пептидов класса RALFL34 в развитии корневой системы огурца (*Cucumis sativus* L.)**Role of small signal peptides of the RALFL34 class in the development of the root system of cucumber (*Cucumis sativus* L.)

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

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

lguseva@binran.ru

Малый сигнальный пептид RALFL34 (Rapid Alkalization Factor 34) у *Arabidopsis* участвует в регуляции развития корневой системы, действуя в сигнальном каскаде до фактора транскрипции GATA23, который является важной мишенью для ауксина. С помощью филогенетического анализа в нашем исследовании предполагаемый функциональный ортолог *Arabidopsis* RALFL34 и его рецептор THESEUS1 были идентифицированы в огурце (*Cucumis sativus*). Для огурца характерна инициация бокового корня в пределах апикальной меристемы родительского. Анализ срезов кончиков трансгенных корней огурца, содержащих вставку *pCsRALFL34::NeonGreen-H2B*, с помощью лазерной сканирующей конфокальной микроскопии выявил, что экспрессия *CsRALFL34* начинается в протоксилеме до первых антиклинальных делений в перицикле. Также экспрессия *CsRALFL34* была обнаружена в клетках-основательницах бокового корня, а затем в примордиях на ранних стадиях развития. Синтез белка *CsRALFL34* в трансгенных корнях (*pCsRALFL34::CsRALFL34\_CDS-mNeonGreen*) начинался в клетках протоксилемы и сохранялся до терминальной дифференциации сосудов ксилемы, а также в клетках-основательницах примордия. Зрелый пептид RALFL34 экскретировался клетками протоксилемы и накапливался в апопласте рядов коры на протяжении всей меристемы корня. Таким образом, паттерн экспрессии *CsRALFL34* и синтеза белка был выявлен в ксилеме, а именно в протоксилеме, периферической метаксилеме и в центральных рядах метаксилемы. Выявлена конститутивная экспрессия гена *CsTHESEUS1* в кончике корня огурца. Проведена оценка влияния ауксина на изменение экспрессии RALFL34 у огурца с применением ПЦР в реальном времени. Воздействие НУК не приводило к статистически достоверному изменению уровня экспрессии *CsRALFL34* в кончике корня. Впервые показано, что малый сигнальный пептид RALFL34 и его рецептор THESEUS1 не влияют на процессы инициации примордиев боковых корней у растений с закладкой бокового корня в меристеме родительского корня.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (20-16-00115).

**Роль АТФ, НАДФН и хлорофилла *b* в регуляции плазмодесм**The role of ATP, NADPH and chlorophyll *b* in the regulation of plasmodesmataДмитриева В.А.<sup>1</sup>, Домашкина В.В.<sup>2</sup>, Тютерева Е.В.<sup>1</sup>, Сухов В.С.<sup>3</sup>, Войцеховская О.В.<sup>1</sup><sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;<sup>3</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия  
*valeriya.dm1@gmail.com*

У растений плазмодесмы являются ключевыми регуляторами межклеточной коммуникации. Одна из важнейших функций транспорта через плазмодесмы, соединяющие клетки мезофилла, заключается в экспорте продуктов фотосинтеза из зрелых листьев. Нами изучено влияние сигналов от хлоропластов и фотосинтетического аппарата на пропускную способность плазмодесм в листьях *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. дикого типа и мутантов с модификациями фотосинтетического аппарата: нокаутов *chl1-3*, лишенных функциональной хлорофиллид-А-оксигеназы (CAO) и не синтезирующих хлорофилл *b*; тех же мутантов, комплементированных цианобактериальным геном CAO, накапливающих хлорофилл *b* в избытке; мутантов *trxm3*, лишенных пластидного тиоредоксина *m3*; и мутантов *ntrc*, лишенных функциональной НАДФН:тиоредоксинредуктазы С.

Пропускную способность плазмодесм определяли методом DANS (Drop-And-See), дополненным 3D-реконструкцией распределения симпластного трейсера по листу. Окрашивание анилиновым синим использовали для анализа количества и размеров отложений каллозы в плазмодесмах. Специфичные зонды для АФК, продуцируемых либо в фотосистеме (ФС)II (синглетный кислород), либо в ФСI (пероксиды), использовали для сравнения уровней их продукции. Содержание НАДФН измеряли с помощью спектрофлуориметрических тестов, а активности ФСI и ФСII, а также АТФ-синтазы, анализировали с помощью DUAL-PAM 100 (Walz). Для специфичной активации ФСI в спектр освещения растений добавляли дальний красный свет.

Результаты показали, что уровни продукции АТФ и НАДФН в хлоропластах играют ключевую роль в регуляции пропускной способности плазмодесм, соединяющих клетки мезофилла, в то время как АФК, продуцируемые в хлоропластах, в меньшей степени влияют на симпластный транспорт. Уровень хлорофилла *b* также влияет на проницаемость плазмодесм, вероятно, посредством ещё не идентифицированных сигналов. Сделано заключение, согласно которому в листьях регуляция плазмодесм с помощью уровней АТФ и НАДФН превалирует над регуляцией посредством АФК и тиоредоксинов, что позволяет координировать экспорт ассимилятов из листьев с активностью цикла Кальвина-Бенсона.

**Особенности антиоксидантной системы *Plantago maritima* L. из разных горизонтов приливо-отливной зоны**Features of the antioxidant system of *Plantago maritima* L. from different horizons of the tidal zone

Добычина Е.О., Рыжик И.В.

Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Россия

*katyadobychina@yandex.ru, alaria@yandex.ru*

Подорожник морской *Plantago maritima* – многолетнее растение-эвгалофит, обитающее в супралиторальной и литоральной зонах морей. Было проанализировано состояние антиоксидантной системы растений из разных по экологическим условиям мест. Для исследования образцы *P. maritima* были собраны в июле 2021 с побережья Баренцева моря: из зоны заплеска; из литоральной зоны – подвержена влиянию приливо-отливной зоны (ПОЦ) (собирали в прилив и отлив) (33%); из супралиторали – ПОЦ воздействует только в сизигий (10%); из нижнего горизонта литорали – осушение в сизигийный отлив (10%). Определяли уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ), активность двух ферментов – супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы (КАТ), содержание каротиноидов.

В результате исследования выявлено, что антиоксидантная система подорожника чутко реагирует на изменение условий обитания. Уровень ПОЛ растений, периодически испытывающих воздействие ПОЦ, выше, чем тех, которые произрастают в стабильных условиях (постоянно в воде или на суше). Активность СОД растений, произрастающих в приливо-отливной зоне, на отливе выше, чем в период прилива, в 1,5 раза. В зоне заплеска активность СОД подорожника не постоянна и различается в период наблюдений в 3 раза. Активность КАТ *P. maritima* из приливо-отливной зоны в период прилива ниже, чем на отливе, в 1,5 раза; у растений, постоянно произрастающих в воде, и растений из супралиторали является сходной. Активность КАТ у растений из зоны заплеска в течение периода наблюдений

различается в 1,5-2 раза. Содержание каротиноидов у *P. maritima* из литоральной зоны в прилив выше, чем на отливе, в 2 раза.

Предварительные результаты исследования показывают, что различия в активности фермента определяются у растений из литоральной зоны наличием приливно-отливного фактора (изменением температуры, освещенности, характера газообмена), у растений, постоянно обитающих на суше – соленостью почвы, освещением и температурой, у растений из нижнего горизонта литорали – соленостью воды.

### Анализ метаболомных профилей зелёных водорослей Белого моря

Analysis of the metabolic profile of green algae of White Sea

Дубровский М.Д.<sup>1</sup>, Киселёв Г.А.<sup>1</sup>, Пузанский Р.К.<sup>2</sup>, Емельянов В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

max.d10@mail.ru

Проведено исследование метаболомов *Cladophora fracta*, *C. rupestris* и *Enteromorpha intestinalis* – зелёных водорослей, обитающих на сублиторали Белого моря. Метаболомные профили анализировали с помощью газовой хроматографии, сопряжённой с масс-спектрометрией. Хроматограммы обрабатывали различными методами биоинформатического анализа. Проведённый анализ выявил 200 метаболитов, из которых было идентифицировано около 90 соединений. В метаболомах зелёных водорослей представлены все основные группы соединений первичного метаболизма. Отмечено преимущественное накопление у зелёных водорослей углеводов и метаболитов энергетического обмена, а также липидов и жирных кислот. Удалось выявить как межродовые, так и межвидовые различия, которые могут быть связаны как с генетическими отличиями, так и с особенностями произрастания. Показано, что метаболомный подход можно использовать для хемосистематики зелёных водорослей.

Исследование поддержано РФФ № 22-24-00484.

### Молекулярно-генетический контроль программируемой клеточной смерти при формировании тканей ствола *Pinus sylvestris*

Molecular and genetic control of programmed cell death during the formation of *Pinus sylvestris* stem tissues

Ершова М.А., Мощенская Ю.Л., Чирва О.В., Корженевский М.А., Галибина Н.А.

ФИЦ Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия

maria\_ershova\_karnc@mail.ru

Ксилогенез – процесс образования древесины, завершающийся программируемой клеточной смертью (ПКС). При формировании ядровой древесины (HW), заболонь (SW) (часть ксилемы, содержащая живые паренхимные клетки) по мере роста дерева претерпевает существенные изменения. По направлению к центру ствола в транзитной зоне (TZ) происходит потеря воды трахеидами, ПКС клеток паренхимы и накопление экстрактивных веществ, в результате чего образуется HW. Применение молекулярно-генетического подхода позволит выяснить некоторые особенности протекания процесса ПКС у древесных растений в ходе формирования структурных элементов ксилемы, и при формировании ядровой древесины.

В данном исследовании мы изучили экспрессию генов, участвующих в ПКС в период активного камбиального роста у разновозрастных деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В дифференцирующейся ксилеме исследованных растений выявлена высокая экспрессия генов, участвующих в ПКС – *MC5* и *SEP*. Экспрессия генов *BFN*, кодирующих бифункциональные эндонуклеазы, была ниже, при этом транскрипты *BFN1* и *BFN2* преобладали во флоэме. Начальные стадии формирования ситовидных элементов флоэмы протекают аналогично формированию трахеальных элементов, но, в то же время они не проходят полный путь, приводящий к ПКС, что, возможно, объясняет низкую экспрессию здесь генов *MC5* и *SEP*, а выявленная высокая экспрессия генов семейства *BFN*, вероятно, связана с их участием в деградации клеточного ядра при формировании ситовидных элементов флоэмы. Было показано, что в период активного камбиального роста и в период покоя в ряду SW – TZ возрастает экспрессия генов семейства *BFN*, а активность генов *MC5* и *SEP* не регистрировалась. Полученные данные могут свидетельствовать о различиях в регуляции ПКС при образовании сосудистых элементов ксилемы и при формировании ядровой древесины.



Финансовое обеспечение исследований осуществлялось при финансовой поддержке РФФИ (№ 21-14-00204).

Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

**Изменение окраски спелых плодов у видов томата (*Solanum* секция *Lycopersicon*) как результат эволюции регуляторных последовательностей генов каротиноидного пути**

Changes in the color of ripe fruits in tomato species (*Solanum* sect. *Lycopersicon*) as a result of the evolution of regulatory sequences of carotenoid genes

Ефремов Г.И., Слугина М.А.

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

[gleb\\_efremov@mail.ru](mailto:gleb_efremov@mail.ru)

Окраска – один из основных качественных признаков сочного плода, экологической функцией которого является привлечение распространителей семян. Она зависит от содержания и состава пигментов, в том числе каротиноидов (желтые, оранжевые и красные пигменты). Присутствие и соотношение определенных типов каротиноидов, как результат регуляторной активности транскрипционных факторов (ТФ) каротиноидного пути и наличия мутаций в последовательностях структурных генов, определяет различие в окраске плода.

Виды томата (*Solanum* секция *Lycopersicon*) являются удобной модельной системой для изучения эволюции генов биосинтеза каротиноидов, так как включают более древние зеленоплодные, а также более молодые виды с красными/оранжевыми плодами, появление которых связано с приобретением новой функции – возможности усиления синтеза и накопления каротиноидов.

Целью работы являлся анализ генов каротиногенеза у образцов зеленоплодных (*S. chilense* Dunal, *S. habrochaites* Knapp, *S. pennellii* Cognell, *S. peruvianum* L., *S. chmielewskii* Rick, *S. neorickii* Spooner, *S. arcanum* Peralta), и красноплодных (*S. cheesmaniae* (L. Riley) Fosberg, *S. pimpinellifolium* L., *S. lycopersicum* L.) видов томата. Идентифицировано 22 новых гомолога двух основных генов каротиногенеза – *PSY1* и *Z-ISO*, их 5'-UTR и промоторы. Кодированная последовательность генов-гомологов *PSY1* и *Z-ISO* высоко консервативна, что предполагает сходство их ферментной активности у зеленоплодных и красноплодных видов. При этом уровень экспрессии *PSY1* и *Z-ISO* у видов различен и коррелирует с содержанием каротиноидов как в спелых плодах, так и в процессе их созревания. Анализ регуляторных областей *PSY1* и *Z-ISO* позволил идентифицировать большое число *cis*-активных элементов, участвующих в ответе на стрессы, а также являющихся сайтами связывания ТФ. Выявлены значительные изменения в составе и локализации сайтов ТФ в промоторах *PSY1* и *Z-ISO* в процессе эволюции от зеленоплодных к красноплодным видам.

Предложена возможная схема регуляции данных генов, приводящая к усилению синтеза каротиноидов в плодах красноплодных видов томата и, как следствие, изменению окраски спелых плодов с зеленой на красную.

***RolB/C*-подобный ген у представителей рода *Vaccinium* L.**

*RolB/C*-like gene in representatives of the genus *Vaccinium* L.

Жидкин Р.Р.<sup>1</sup>, Антропов Д.О.<sup>2</sup>, Чиненко С.В.<sup>3</sup>, Матвеева Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский городской дворец творчества юных, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

[st085586@student.spbu.ru](mailto:st085586@student.spbu.ru)

На сегодняшний день найдено значительное число природно-трансгенных растений – растений, в геноме которых имеются агробактериальные последовательности. Одним из таких организмов является клюква крупноплодная *Vaccinium macrocarpon* Aiton, в геноме которой биоинформатически был найден *rolB/C*-подобный ген агробактериального происхождения.

Род *Vaccinium* L. является монофилетической группой. Это может говорить о наличии данной последовательности и у родственников клюквы, поэтому целью работы было описание последовательности *rolB/C*-подобного гена у других представителей рода.

Работу проводили на собранном материале голубики обыкновенной, *V. uliginosum* L., и брусники обыкновенной, *V. vitis-idaea* L., а также, на опубликованных геномах голубики высокорослой *V. corymbosum* L., черники обыкновенной *V. myrtillus* L. и транскриптоме голубики прутьевидной *V. virgatum* Aiton.

В результате во всех образцах найдена полноразмерная последовательность *rolB/C*-подобного гена, причем, обнаруженные последовательности характеризуются низким количеством однонуклеотидных замен в пределах вида и высоким уровнем сходства между видами, что свидетельствует о стабилизирующем отборе в пользу интактной последовательности, и на его возможное функционирование. При этом, интеграция *rolB/C*-подобного гена в геном предковой формы является единичным событием, поэтому имеется возможность использования данной последовательности в филогенетических исследованиях рода *Vaccinium*.

При помощи алгоритма AlphaFold 2 были определены структурные модели белка RolB/C. Полученные таким образом модели обладали сходной структурой. Для дальнейшего изучения роли *rolB/C*-подобного гена необходимо создание генно-инженерных конструкций для трансформации модельных организмов.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением № 075-15-2020-922 от 16.11.2020 о предоставлении гранта в виде субсидии из Федерального бюджета Российской Федерации. Грант предоставлен в рамках государственной поддержки создания и развития Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

### **Влияние недостатка цинка на фотосинтетический аппарат растений разных линий пшеницы с генетическим материалом *Triticum dicoccoides***

The effect of zinc deficiency on the photosynthetic apparatus of plants of different lines of wheat with genetic material of *Triticum dicoccoides*

Игнатенко А.А.<sup>1</sup>, Казнина Н.М.<sup>1</sup>, Батова Ю.В.<sup>1</sup>, Дубовец Н.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Россия;

<sup>2</sup>Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
angelina911@ya.ru

Одним из эффективных подходов к решению проблемы дефицита цинка в организме человека является повышение его концентрации в зерне культурных злаков путем улучшения их генетических качеств. Примером этого являются интрогрессивные линии пшеницы с функциональным аллелем гена *GPC-B1*, который участвует в регуляции процесса ремобилизации цинка из листьев в колос. Обнаружено, что такие растения накапливают больше цинка в зерне. Однако, об их устойчивости к дефициту цинка пока мало известно.

Нами изучено влияние недостатка цинка в субстрате на некоторые показатели фотосинтетического аппарата (ФСА) у *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* (Koern. ex Asch. & Graebn.) Schweinf. и линий 15-7-1 и 13-3, имеющих функциональный аллель гена *GPC-B1*, и *T. aestivum* L. с. Фестивальная и линий 15-7-2 и 16-5, имеющих нефункциональный аллель. Линии созданы на основе скрещивания *T. dicoccoides* и *T. aestivum*. Опыты проводили в вегетационных условиях в песчаной культуре. В контрольном варианте полив растений осуществляли раствором Хогланда-Арнона с оптимальным содержанием ионов цинка, в опытном варианте ионы цинка в растворе отсутствовали. Об устойчивости пшеницы к дефициту микроэлемента судили по ряду показателей активности ФСА.

Установлено, что у растений с нефункциональным аллелем гена *GPC-B1* при недостатке цинка в субстрате уменьшается по сравнению с контролем площадь листьев, замедляется скорость фотосинтеза и транспирации, а также снижается устьичная проводимость и активность карбоангидразы – фермента, играющего важную роль в ассимиляции углерода. У растений с функциональным аллелем этого гена изученные показатели (площадь листьев, скорость транспирации, устьичная проводимость и активность карбоангидразы) при оптимальном содержании цинка и его недостатке в среде не различались, а интенсивность фотосинтеза даже повышалась.

Сделан вывод о более высокой устойчивости растений с функциональным аллелем гена *GPC-B1* к недостатку цинка в субстрате, что во многом связано с их способностью поддерживать в стрессовых условиях активность ФСА на необходимом уровне.

**Стратегия развития зрелых мегагаметофитов *Pinus sylvestris* L. в культуре *in vitro* при разных условиях**Developmental strategy of *Pinus sylvestris* L. mature megagametophytes cultured *in vitro* under different conditions

Игнатенко Р.В., Ершова М.А., Галибина Н.А., Чирва О.В.

Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия  
*ocean-9@mail.ru*

В исследовании в качестве эксплантов использовали мегагаметофиты зрелых семян *Pinus sylvestris* L. собранные с деревьев в среднетаежной подзоне Карелии на Петрозаводской лесосеменной плантации (ЛСП) и в подзоне северной тайги с Энгозерского участкового лесничества. Мегагаметофиты помещали на питательную среду DCR с модификацией, различные варианты которой отличались содержанием, концентрацией регуляторов роста и сахарозы: 1) 6-БАП – 2 мг, ИУК – 2 мг, сахароза – 10 г; 2) 6-БАП – 2 мг, 2,4 D – 3 мг, сахароза – 10 г; 3) 6-БАП – 0,5 мг, ИУК – 2 мг, сахароза – 20 г; 4) 6-БАП – 2 мг, ИУК – 0,5 мг, сахароза – 10 г; 5) ИУК – 1 мг, сахароза – 20 г.

В культуру *in vitro* были введены 843 экспланта (591 – ЛСП, 252 – естественный фитоценоз). Инициация каллуса была выше на субстратах № 2 и 4 (52–62% от всего образовавшегося каллуса), а растения чаще формировались на питательных средах № 3 и 5 (54–56% от всех проросших растений). Каллусообразование и развитие растений в общей выборке было более активным у мегагаметофитов собранных с деревьев, располагающихся в Энгозерском участковом лесничестве (13 и 25%, соответственно) по сравнению с ЛСП (9 и 11%, соответственно). Только из семян, собранных в естественном сосняке, культура клеток могла длительно пролиферировать, переносить периодическое субкультивирование и деление. Вероятно, это связано с тем, что у проростков *P. sylvestris* из данного фитоценоза частота патологий митоза была в 4 раза выше, чем с ЛСП, что увеличивало диапазон нормы реакции организма. Это в свою очередь обеспечивало более эффективное прорастание семян в культуре *in vitro* и лучшую инициацию каллуса.

**Влияние гомокастастерона на содержание флавоноидов в проростках ярового ячменя и льна-долгунца в условиях химического стресса**

The influence of homocastasterone on the content of flavonoids in spring barley and fiber flax seedlings under chemical stress

Кем К.Р.

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
*kem-666@mail.ru*

Флавоноиды представляют собой класс фенольных соединений, характеризующийся участием в окислительно-восстановительных реакциях и процессах нейтрализации активных форм кислорода в растениях. В этой связи, изменение содержания флавоноидов в тканях может являться показателем, характеризующим ответную реакцию организма на стресс.

Цель исследования – определить содержание флавоноидов в корнях и надземной части проростков льна-долгунца (сорт Грант) и ярового ячменя (сорт Радзимич), семена которых были инкрустированы смесями глифосата (ГФ) в ингибирующей рост дозе и гомокастастероном (ГКС) в различных концентрациях.

Исследования зависимости действия смесей ГФ в ингибирующей рост корней проростков дозе и ГКС в широком диапазоне концентраций, позволили выявить на графике зависимости диапазон, в котором наблюдается их взаимодействие. Для опыта были взяты три концентрации ГКС: до интервала взаимодействия ГФ и ГКС, внутри и после интервала. Они составляли соответственно 1)  $3,0 \cdot 10^{-7}$  М 2)  $3,5 \cdot 10^{-6}$  М 3)  $2,0 \cdot 10^{-5}$  М.

Контроль-1 – вариант с обработкой семян 1%-ным раствором пленкообразователя Гисинар; контроль-2 – глифосат в концентрации  $5,5 \cdot 10^{-2}$  М, подавляющей рост корней на 40–60%. Проращивание проводили методом рулонной культуры. Содержание флавоноидов определяли на 9-ые сутки с использованием хлорида алюминия.

В корнях проростков в контроле-1 содержание флавоноидов составило 0,59% у льна-долгунца и 0,51% у ячменя; в контроле-2 – 0,33% у обеих культур, т.е. ГФ, как ингибитор одного из ферментов шикиматного пути биосинтеза ароматических соединений, снижал содержание флавоноидов в 1,5–1,8 раза. В вариантах смесей самое высокое содержание флавоноидов в корнях льна-долгунца (относительно контроля-2) выявлено при концентрации ГКС  $3,5 \cdot 10^{-6}$  М – 0,44%. У ярового ячменя не выявлен вариант

смесей, в котором содержание флавоноидов достоверно бы превосходило контроль-2. Наибольшее содержание флавоноидов в надземной части проростков культур также характерно для вариантов с концентрацией ГКС  $3,5 \cdot 10^{-6} \text{M}$ .

Предполагается, что более высокую антистрессовую активность ГКС проявляет в дозах, близких к  $3,5 \cdot 10^{-6} \text{M}$ .

### **Формирование архитектуры корневой системы огурца (*Cucumis sativus* L.), опосредованное геном *DEEPER ROOTING 1 (DRO1)*, как способ адаптации к меняющимся условиям окружающей среды**

Formation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) root system architecture mediated by *DEEPER ROOTING 1 (DRO1)* gene as a way for adaptation to changing environmental conditions

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

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

Изменение положения боковых органов растений в пространстве регулируется работой белков семейства LAZY/TAC/DRO1. Одним из представителей этого семейства является белок DRO1, регулирующий угол наклона бокового корня относительно вертикальной оси родительского корня. Целью данной работы является выяснение роли гена *DRO1* в формировании архитектуры корневой системы огурца (*Cucumis sativus* L., сем. Cucurbitaceae).

В результате комбинации филогенетического анализа белков, количественной ПЦР в реальном времени, лазерной сканирующей конфокальной микроскопии и генетического редактирования были получены следующие результаты.

У огурца идентифицировано три предполагаемых ортолога белков DRO1 риса и *Arabidopsis* – *CsDRO1a*, *CsDRO1b*, *CsDRO1c*. Анализ изменения уровня экспрессии генов *CsDRO1a*, *CsDRO1b*, *CsDRO1c* в ответ на обработку корней огурца экзогенным ауксином (нафтилуксусной кислотой) показал, что экспрессия гена *CsDRO1a* достоверно повышалась, а *CsDRO1b* и *CsDRO1c* не менялась. Анализ паттерна экспрессии промоторов генов *CsDRO1a*, *CsDRO1b* и *CsDRO1c* в кончиках корней огурца продемонстрировал, что домены экспрессии этих генов перекрываются. Для выяснения роли каждого из генов огурца (*CsDRO1a*, *CsDRO1b* и *CsDRO1c*) в регуляции угла наклона боковых корней был проведён их нокаут с помощью генетического редактирования. Для гена *CsDRO1a* эффективность редактирования была 91,6%, для *CsDRO1b* – 16,6%, для *CsDRO1c* – 50%. Несмотря на то, что редактирование приводило к полному нокауту генов, не было выявлено статистически достоверных изменений угла наклона боковых корней у трансгенных корней, несущих отредактированные последовательности генов *CsDRO1a*, *CsDRO1b* или *CsDRO1c*.

Полученные результаты позволяют предположить, что эти гены могут нести перекрывающиеся функции, связанные с регуляцией угла наклона боковых корней.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках ФНТП Развитие генетических технологий (Биоресурсные коллекции, соглашение № 075-15-2021-1056).

### **Уточнение структуры клТ-ДНК *Ipomoea batatas* (L.) Lam.**

The clarification of *Ipomoea batatas* (L.) Lam. cT-DNA structure

Киселёв М.О.<sup>1</sup>, Владимиров И.А.<sup>2</sup>, Павлова О.А.<sup>2</sup>, Богомаз Д.И.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>АНОО «Гатчинская гимназия «Апекс» среднего общего образования, Гатчина, Ленинградская область, Россия;

<sup>2</sup>ООО «Бигль», Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия  
2386944@gmail.com

В природе существуют примеры закрепления генетических последовательностей *Agrobacterium* sp. в растительных геномах. Батат (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) – растение, из семейства *Convolvulaceae*. Геном культивируемого батата содержит последовательности, получившие название *IbT-DNA1* и *IbT-DNA2*. Они гомологичны участкам переносимой Т-ДНК агробактерий.

Последовательность *IbT-DNA2* (KM052617) была взята из открытой базы данных NCBI. Её анализ *in-silico* осуществлялся с помощью программного обеспечения Vector NTI. В результате было выяснено, что в ней существует регион, последовательность после которого является инвертированной копией предшествующей ему последовательности («точка перелома»). Так как на концах этого региона в



источнике были отмечены ORF, это дало основания сомневаться в валидности аннотирования этих генов для этой части вставки.

Для исследования были выбраны экземпляры 8 сортов батата, для генома каждого из которых методом RT-PCR проверялось наличие или отсутствие бактериальных вставок. Наличие *IbT-DNA1* показано для всех образцов, *IbT-DNA2* – только для сорта «Победа 100».

Далее проводились ПЦР с набором длинных праймеров, позволяющие на основании размеров ампликонов сделать выводы о структуре *IbT-DNA2*. Значительный выход продукта показали лишь две из шести систем. Первая подтвердила наличие в образце «точки перелома», а вторая – другого укороченного участка вставки.

Таким образом, нами показано, что геном культивара *Ipomoea batatas* «Победа 100» содержит в себе 2 вида генетических вставок бактериального происхождения. При сборке последовательности KM052617, вероятно, были допущены значительные ошибки.

### Оценка солеустойчивости некоторых сортов *Hordeum vulgare* по морфометрическим параметрам

Assessment of salt resistance of some varieties of *Hordeum vulgare* by morphometric parameters

Киселева Е.И.<sup>1</sup>, Войцеховская О.В.<sup>2</sup>, Тютерева Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
*kiselneka@yandex.ru*

Устойчивость к солевому стрессу важна для сельскохозяйственных культур в связи с повышенным содержанием хлоридов в почвах большинства регионов РФ. Избыточное накопление солей в растительных тканях ведет к снижению роста, торможению развития и падению урожайности, а одной из причин гибели растений при солевом стрессе выступает запуск программированной клеточной смерти (ПКС). Ячмень *Hordeum vulgare* L. является ценной зерновой культурой и одновременно модельным объектом в изучении молекулярно-генетических и физиологических механизмов солеустойчивости, в том числе регуляции ПКС. Цель работы состояла в отборе сортов или линий ячменя с различной солеустойчивостью для дальнейшего исследования механизмов солеустойчивости корней и побегов. Для прогнозирования устойчивости сорта к хлоридному засолению оценивали торможение роста на ювенильном этапе развития. В экспериментах, проводимых по методическим указаниям Удовенко (ВИР, 1993), использовали семена сортов К-21872 Айхал и К-23682 Донецкий-8 (из коллекции ВИР), *Donaria Askermanns* (из банка семян Института генетики культурных растений им. Лейбница г. Гатерслебен, Германия), и семена не синтезирующего хлорофилл *b* мутанта сорта *Donaria – chlorina f2 3613 (clo-f2)*, предоставленные Dr. Mats Hansson (Lund University, Sweden). Деление сортов на высокоустойчивые, среднеустойчивые и чувствительные проводили в зависимости от подавления скорости роста зародышевых корней при переносе 3-х суточных проростков на растворы NaCl с концентрациями 0,98% (7 атм) и 1,26% (9 атм). В качестве контрольной среды использовали деионизированную воду. На 7 сутки измеряли длину первых листьев и корней, а также их сухую биомассу по отдельности. Всего проведено 12 опытов. Исследование показало корреляцию ростовых и весовых параметров с уровнем засоления. Изученные сорта поделили на две группы: высокоустойчивые и среднеустойчивые. В дальнейшем охарактеризованные сорта будут использованы для изучения регуляции ПКС при адаптации ячменя к солевому стрессу.

### Потенциал регенерации различных селекционных форм *Beta vulgaris* L. при культивировании *in vitro*

Regeneration potential of various breeding forms of *Beta vulgaris* L. during *in vitro* cultivation

Донских Е.И., Колесникова Е.О., Бердников Р.В.

Селекционно-генетический центр ООО «СоюзСемСвекла», Воронежская область, Россия  
*kolesnikovaeo@souzsemsvekla.ru*

Культивирование растений *Beta vulgaris* L. в условиях *in vitro* – трудоемкий процесс, зависящий от качественного и количественного состава питательных сред, генотипа растений и других факторов. В целях ускорения селекционного процесса активно применяют биотехнологические методы получения гаплоидных растений *Beta vulgaris* путем регенерации побегов из неоплодотворенных семязачатков.

Данный процесс может происходить посредством эмбриоидогенеза из репродуктивной структуры или через стадию образования каллуса.

Многие исследователи отмечали высокую зависимость частоты регенерации неоплодотворенных семязачатков от генотипа при получении гаплоидных растений путем гиногенеза.

С целью получения высокопродуктивных гибридов в скрещиваниях используют три селекционные формы растений *Beta vulgaris*: О-тип; МС-компонент; ОП – опылитель, используемый при получении коммерческих гибридов. Цель исследований заключалась в выявлении взаимосвязи между селекционной формой донорских растений и регенерационной способностью неоплодотворенных репродуктивных структур в условиях *in vitro*.

При оптимизации условий культивирования для регенерации гаплоидов *Beta vulgaris* из неоплодотворенных семязачатков была отмечена разница в гиногенном ответе среди различных селекционных форм. Так, экспланты О-типа имели наибольшее количество регенераций – 8,5%. Они образовывали нормально развитые регенеранты, обладали лучшей способностью к размножению по сравнению с МС-формами. Среди введенных семязачатков МС-форм было зафиксировано 5,4% регенераций. Изучаемые экспланты ОП-форм, оказались в меньшей степени способны к регенерации, развитию и размножению в условиях *in vitro*. В данном случае было получено 4,0% регенераций.

Полученные данные показали, что селекционные формы *Beta vulgaris* обладают различным потенциалом регенерации. Оптимизация условий культивирования каждого типа растений позволит повысить качественные и количественные показатели выполняемых работ.

### Особенности роста мутантов арабидопсиса *axr1-3*

Growth specificity in *axr1-3* mutants of *Arabidopsis*

Кондратьева А.В., Романюк Д.А., Кирпичникова А.А., Шишова М.Ф.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*ann.knd17@gmail.com*

Мутантные растения арабидопсиса представляют собой модельную систему, которая позволяет анализировать роль самого широкого спектра генов и белков, ими кодируемых, в ходе роста и развития растений. Особое внимание заслуживают растения, дефектные по кодированию элементов сигнальных систем, в том числе участвующих в восприятии и передаче гормональных сигналов. Важнейшим гормональным сигналом растительных клеток является фитогормон ауксин. Доказано, что восприятие ауксинового сигнала начинается с рецептора TIR1, который входит в комплекс белков E3 убиквитин-лигазного комплекса SCF. Активация рецептора приводит к быстрой деградации белков-репрессоров AUX/IAA и последующей активации гормон-зависимой экспрессии генов специфического ответа на ауксин. В общий комплекс убиквитинирования включены и другие лигазы, в том числе лигаза, кодируемая геном *AXR1*.

В настоящее время морфологические и биохимические изменения, происходящие в мутантных по генам *TIR1* и *AXR1* растениях арабидопсиса, во многом дискуссионны. Представлены немногочисленные данные о возможном изменении гормонального баланса при нарушении рецепторной системы. Можно предположить, что внесение эндогенного фитогормона приведет к изменению роста и развития указанных мутантных растений. Данное исследование проведено на проростках арабидопсиса дикого типа и мутантах *tir-1* и *axr1-3*. У проростков анализировали накопление биомассы и роста корней в присутствии природного (ИУК) и синтетических (1-НУК и 2-НУК) ауксинов. Показано ингибирующее действие ауксинов на удлинение корней, но стимулировало накопление их биомассы. Незначительное ингибирующее действие экзогенные ауксины оказывали и на развитие биомассы побега.

### Механизмы формирования оксида азота (II) одноклеточной зеленой водорослью *Dunaliella salina* Teod.

Mechanisms of nitric oxide (II) formation by unicellular green algae *Dunaliella salina* Teod.

Леко Н.С., Залуцкая Ж.М., Ермилова Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*st051917@student.spbu.ru*

Оксид азота (NO) представляет собой одну из ключевых сигнальных молекул, которая вовлечена в контроль различных физиологических процессов не только у животных, но и у растений, включая представителей зеленых водорослей (Chlorophyta). Роль NO и механизмы его генерирования мало

изучены у представителей одноклеточных зеленых водорослей, даже модельных, представляющих интерес для биотехнологии, как, например, *Dunaliella salina*. Нами впервые продемонстрирована способность *D. salina* к формированию оксида азота. Установлено, что генерирование NO клетками водоросли происходит по нитрит-зависимому механизму. Охарактеризована динамика образования NO из нитрита клетками, выращенными на средах с различными источниками азота и при разном содержании хлорида натрия в среде.

Нитратредуктаза рассматривается в качестве основного фермента, обеспечивающего продукцию NO у различных представителей высших растений. Был проведен сравнительный анализ активности нитратредуктазы (NR) *D. salina* в различных условиях. В работе выявлена корреляция между активностью NR и формированием NO. Полученные данные позволяют предполагать, что нитратредуктаза вовлечена в генерирование оксида азота у *D. salina*.

Секвенирование генома *D. salina* выявило наличие одного гена, кодирующего альтернативную оксидазу (АОХ). АОХ локализована во внутренней мембране митохондрий, и с помощью электронов, полученных от убихинона, катализирует восстановление молекулярного кислорода в H<sub>2</sub>O. У высших растений альтернативные оксидазы могут быть дополнительно вовлечены в генерирование NO. При добавлении ингибитора альтернативных оксидаз – салицилгидроксамовой кислоты – к клеткам *D. salina* наблюдалось снижение формируемого из нитрита оксида азота, что предполагает роль альтернативной оксидазы с формированием NO. Таким образом, по нашим данным, в нитрит-зависимое генерирование NO у *D. salina* вовлечены два компонента – NR и альтернативная оксидаза митохондрий.

#### **Поиск участников ответа на нехватку воды у картофеля (*Solanum tuberosum* L.)**

Identification of water-deficiency signals in potato (*Solanum tuberosum* L.)

Лосев М.Р., Ганчева М.С., Лутова Л.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

st069730@student.spbu.ru

Картофель является одной из важнейших сельскохозяйственных незерновых культур, клубни которой используется в пищу по всему миру. На клубнеобразование влияет множество эндогенных и экзогенных факторов, инициирующих и направляющих формирование клубней. Одним из таких факторов является нехватка воды – известно, что условия недостатка влаги негативно влияют на развитие как самого растения картофеля, так и его клубней. Однако детали ответа на недостаток воды у картофеля слабо изучены. У *Arabidopsis thaliana* было показано участие пептида AtCLE25 и его рецепторов AtBAM в передаче сигнала о нехватке воды. Пептиды CLE – это короткие секретлируемые пептиды, вовлеченные во множество процессов в растительном организме, такие как поддержание меристем и ответ на различные факторы среды. Их рецепция клетками осуществляется с помощью рецепторных киназ, таких как BAM. Нами было обнаружено, что при выращивании картофеля в условиях недостатка воды начинается усиленная экспрессия гена *StCLE23*, что позволяет предположить вовлеченность этого пептида в ответ на дегидратацию. Для изучения роли гена *StCLE23* была создана конструкция для сверхэкспрессии этого гена и трансформированы растения картофеля. Также ведется работа по выяснению функции двух генов, кодирующих белки BAM у картофеля, *StBAM2* и *StBAM3*. Проведен анализ активности промотора гена *StBAM3*, анализ предполагаемого взаимодействия промотора этого гена с транскрипционным фактором BEL5, который является позитивным регулятором развития клубня. Кроме того, создана конструкция для анализа влияния на растения потери функции генов *StBAM2* и *StBAM3* с помощью CRISPR/Cas.

#### **Вторичные метаболиты возбудителя обесцвечивания побегов бодяка полевого и анализ их биологической активности**

Secondary metabolites of the causal agent of the field thistle shoot bleaching and analysis of their biological activity

Лукина Е.Г.<sup>1,2</sup>, Гомжина М.М.<sup>2</sup>, Далинова А.А.<sup>2</sup>, Дубовик В.Р.<sup>2</sup>, Берестецкий А.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

elizaveta121999@mail.ru

Поиск продуцентов биологически активных веществ является важной задачей для различных отраслей сельского хозяйства и медицины. Микроскопические грибы способны продуцировать

биологически активные вторичные метаболиты, которые могут стать прообразом для создания лекарств и биопестицидов.

Из обесцвеченных побегов бодяка полевого, найденных в окрестностях Санкт-Петербурга, было выделено несколько изолятов гриба, предварительно идентифицированных как *Didymella macrostoma* (Mont.) Q. Chen & L. Cai. Цель работы состояла в том, чтобы оценить перспективность данных изолятов как продуцентов биологически активных веществ.

В целях идентификации изолятов определяли последовательности ITS-локуса рДНК. Культивирование изолятов проводили на картофельно-глюкозном бульоне. Метаболиты гриба извлекали из культурального фильтрата этилацетатом. Фракционирование и очистку экстрактов осуществляли с помощью хроматографических методов. Соединения идентифицировали с помощью методов масс-спектрометрии и ЯМР-спектроскопии. Фитотоксическую активность соединений оценивали в отношении *Cirsium arvense* и *Triticum aestivum*, антимикробную в отношении *Bacillus subtilis* и *Dickeya dianthicola*, инсектицидную на *Galleria mellonella*, токсичность изучали в отношении *Paramecium caudatum*.

По последовательности ITS-локуса изоляты были идентифицированы как *Didymella* sp. В составе экстрактов были обнаружены соединения макроцидины А, Z. Была подтверждена фитотоксическая активность макроцидинов в отношении *C. arvense* и антимикробная в отношении *B. subtilis*. Фитотоксичность метаболитов в отношении *T. aestivum*, слабая энтомотоксичность, антимикробная активность в отношении *D. dianthicola* и отсутствие токсичности в отношении *P. caudatum* были показаны нами впервые.

Таким образом, на территории России впервые были обнаружены хлоротичные побеги *C. arvense* и предполагаемый возбудитель симптомов данного заболевания, микромицет рода *Didymella*. Анализ метаболитов, синтезируемых данным грибом, показал его перспективность в качестве продуцента биологически активных веществ.

### Влияние фитотоксинов гриба *Stagonospora cirsii* стагонолида А и гербарумина I на фотосинтетический аппарат растительных клеток

Effect of phytotoxins of the fungus *Stagonospora cirsii* stagonolide A and herbarumin I on the photosynthetic apparatus of plant cells

Лукинский Ю.В.<sup>1</sup>, Войцеховская О.В.<sup>2</sup>, Далинова А.А.<sup>3</sup>, Тютерева Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия  
yura07042001@gmail.com

Биорациональные гербициды (БрГ) – препараты для борьбы с сорной растительностью на основе природных фитотоксинов. Продуцентами БрГ могут служить фитопатогенные грибы, образующие фитотоксины. Эти вещества могут вызывать гибель растений путем ингибирования фотосинтеза. 10-членные ноненолиды, продуцируемые грибом *Stagonospora cirsii* Davis – стагонолид А и гербарумин I – оказывают фитотоксическое действие на листья растений, но является ли их мишенью процесс фотосинтеза, до сих пор неизвестно.

Цель работы – изучить влияние стагонолида А и гербарумина I на фотосинтетический аппарат осота полевого *Sonchus arvensis* L. и шпината огородного *Spinacia oleracea* L. путем оценки скорости реакции Хилла и анализа ОЛР-кинетик индукции флуоресценции хлорофилла.

Скорость реакции Хилла является важным показателем фотохимической активности фотосинтетического аппарата (ФСА). Сущность реакции состоит в оценке способности изолированных тилакоидных мембран окислять на свету воду с восстановлением экзогенных окислителей (например, феррицианида) и выделением кислорода. Для выделения хлоропластов из листьев шпината и осота применялся метод Whitehouse & Moore. Скорость реакции Хилла определялась в суспензии тилакоидных мембран на свету по уменьшению концентрации феррицианида, которая регистрировалась спектрофотометрически.

Перенос электронов в пределах фотосистемы II (ФСII) является индикатором повреждения ФСА и одной из возможных мишеней действия гербицидов. Для оценки влияния фитотоксинов на ФСII проводился анализ быстрых ОЛР-кинетик переменной флуоресценции хлорофилла необработанных и обработанных фитотоксинами листовых дисков осота и шпината. Листовые диски инкубировались в буфере в присутствии/в отсутствие микотоксинов. ОЛР-кинетика регистрировалась с помощью флуориметра DUAL-PAM 100 (Walz, Germany) для дальнейшего анализа.



Таким образом, впервые было изучено влияние фитотоксинов гриба *S. cirsi* – стагонолида А и гербарумина I – на фотосинтетический аппарат, что позволит оценить их перспективность для разработки новых препаратов БрГ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 20-74-00093.

### **Влияние фитогормонов на мультипликацию протокормов *Cypripedium reginae* в условиях *in vitro***

Effect of phytohormones on the multiplication of *Cypripedium reginae* protocorms *in vitro*

Макарова А.Е., Прокин А.М., Сырова В.В., Широков А.И.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия  
*alena.makarova.95@mail.ru*

*Orchidaceae* – одно из крупнейших семейств однодольных растений, многие из них являются редкими. Размножение орхидных традиционными методами процесс долгий и малоэффективный, однако существует мнение, что в условиях *in vitro* высок уровень вегетативного размножения на ранних стадиях онтогенеза. Цель данной работы – выявить потенциал вегетативного размножения рода *Cypripedium* на стадии протокорма. Объектом исследований является *Cypripedium reginae* Walter.

В работе использовалась питательная среда Harvais and Hadley. На первом этапе эксперимента использовались 9 вариантов среды с различной концентрацией и соотношением ИМК/6-БАП: 0.5/0.5, 1/1, 3/3, 0.5/1, 1/2, 1/3, 1/0.5, 2/1, 3/1 мг/л, по 10 колб каждого варианта и 10 контрольных колб с безгормональной средой. В каждой колбе помещали по 10 протокормов размером 1×1 мм. Затем они содержались на затененном стеллаже при температуре 10°C на протяжении 4 месяцев. На втором этапе эксперимента использовались другие фитогормоны (2,4 D и кинетин) в тех же концентрациях.

По результатам первого этапа образование клонов наблюдалось у единичных протокормов, на средах с концентрацией ИМК/БАП 0.5/0.5 и 1/1 мг/л. Наличие гормонов в питательной среде преимущественно стимулировало рост растения. При концентрациях гормонов 1/0.5 и 1/1 мг/л длина растений на 77% и 33,7% превышала длину растений из контрольной группы. Концентрации же 3/3 и 3/1 вызывали угнетение роста по сравнению с контрольной группой (на 22,4% и 15,2% соответственно).

По результатам второго этапа эксперимента – в средах с равным содержанием 2,4 D/кинетин частота образования клонов достигала до 60% (группа 3/3 мг/л), однако формировалось по одному клону. В остальных же экспериментальных группах образовывалось 1-4 клона. Наличие 2,4 D/кинетин в средах оказало слабый стимулирующий эффект на рост растения.

### **Состав молекулярных видов фосфатидилхолинов базидиальных грибов в условиях совместного культивирования**

Composition of the phosphatidylcholine molecular species of basidial fungi during interspecific interactions

Манжиева Б.С.<sup>1</sup>, Сенник С.В.<sup>1</sup>, Мишарев А.Д.<sup>2</sup>, Котлова Е.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ресурсный центр «Методы анализа состава вещества» СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

*bmanzhieva@binran.ru*

Конкурентные взаимодействия грибов опосредованы разнообразными антагонистическими механизмами, которые могут действовать агрессивно или оборонительно и приводят к полному или частичному вытеснению одного из взаимодействующих видов, либо к достижению паритета.

В работе рассмотрено участие фосфолипидов в межвидовом взаимодействии грибов. Моделями выбраны культуры *Flammulina velutipes* LE-BIN 1483 и *Sparassis crispa* LE-BIN 2902. Штаммы выращивали в поверхностной культуре по отдельности (контроль) и совместно. С помощью ESI-MS проведен анализ состава молекулярных видов фосфатидилхолина (ФХ). В ходе эксперимента наблюдались антагонистические отношения между базидиомицетами – *S. crispa* угнетал рост *F. velutipes*. Отличительной особенностью состава липидов *S. crispa* являлось высокое содержание фосфатидной кислоты (ФК), до 25% от суммы мембранных липидов. Снижение скорости роста *F. velutipes* в условиях совместного культивирования коррелировало с увеличением соотношения ФХ/ФЭ (фосфатидилэтаноламина) и уменьшением количества ФК.

Как показал ESI-MS анализ профилей ФХ, основным молекулярным видом у *F. velutipes* в контроле являлся 36:4 (предположительно 18:2/18:2 ФХ), в меньшем количестве присутствовали 36:3 и 36:5 ФХ. В профилях *S. crispa* доминировал 36:3 ФХ, в меньшем количестве зарегистрированы 36:2 и 36:4 ФХ. В

присутствии вида-антагониста у *F. velutipes* состав молекулярных видов оставался без изменений, в то время как у *S. crispa* было зарегистрировано увеличение относительного содержания 36:4 ФХ.

Данная работа продемонстрировала функционирование у грибов двух механизмов, влияющих на характеристики клеточных мембран: изменение соотношения классов фосфолипидов и перестройку на уровне молекулярных видов отдельных классов. Предстоит выяснить, с чем связан запуск определенного механизма: с генетически обусловленными особенностями отдельных видов базидиомицетов или с функциональными изменениями, требующимися на определенных этапах роста и развития клеток наличия тех или иных липидных молекул.

Исследование проводилось с использованием оборудования ресурсного центра СПбГУ «Методы анализа состава вещества» при поддержке гранта РФФИ №20-04-01092.

### Молекулярно-генетический контроль деятельности камбия у *Pinus sylvestris* L.

Molecular genetic control of cambium activity in *Pinus sylvestris* L.

Мощенская Ю.Л., Галибина Н.А., Корженевский М.А., Чирва О.В., Никерова К.М., Ершова М.А.  
Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Россия  
*moshchenskaya@krc.karelia.ru*

Древесные растения – автотрофные организмы, использующие солнечную энергию, углекислый газ и воду для производства сахаров и их производных органических соединений и, как следствие, накопления биомассы. Древесная биомасса давно используется людьми в качестве промышленного сырья, а в последнее время также рассматривается как важнейший возобновляемый источник биотоплива. В связи с этим, существует большой интерес к изучению молекулярно-генетических механизмов, лежащих в основе регуляции накопления растительной биомассы. Большую часть древесной биомассы составляет вторичная ксилема, которая образуется при дифференцировке клеток сосудистого камбия. В связи с этим активность камбия во многом определяет скорость образования древесины.

В данном исследовании рассматриваются некоторые молекулярно-генетические аспекты функционирования камбия у *Pinus sylvestris* L. – основной лесообразующей породы. В период активного камбиального роста был изучен уровень экспрессии генов *TDIF/CLE41-PXY/TDR* – сигнального пути. На разновозрастных растениях была показана тканеспецифичная экспрессия гена *CLE41* (увеличение экспрессии по направлению к флоэме) и рецептора *TDIF (TDR) – PXY* (в ксилеме).

В работе рассматривается участие гена *WOX4* в регуляции деления сосудистых клеток камбия после сигнального пути *TDIF/CLE41-PXY/TDR* и другого гена семейства *-WOX13* в поддержании клеток камбия в недифференцированном состоянии. Показано, что экспрессия гена *WOX13* выше на флоэмной стороне камбия, а ген *WOX4* высоко экспрессируется на ксилемной стороне камбия и определяет интенсивность деления бифасциальных стволовых клеток. Рассмотрена возрастная динамика экспрессии генов *TDIF/CLE41-PXY/TDR* – сигнального пути.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось при финансовой поддержке РФФИ (№ 21-14-00204).

Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

### Влияние уровня активности SnRK1-киназы на фотосинтез и дыхание *Arabidopsis thaliana* при солевом стрессе

Effect of the levels of the SnRK1-kinase on photosynthesis and respiration of *Arabidopsis thaliana* under salt stress

Муртузова А.В., Войцеховская О.В., Тютерева Е.В.  
Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург  
*amurtuzova@binran.com*

Исследования последних лет выявили важную сигнальную роль сахаров в регуляции активности двух киназ – Target Of Rapamycin (TOR) и Sucrose nonfermenting 1-related kinase (SnRK1) – в клетках растений. TOR-киназа активирует процессы анаболизма в благоприятных условиях. SnRK1 активируется в ответ на стресс и на дефицит энергии, способствуя восстановлению энергетического баланса клеток за

счет включения катаболических путей, параллельно блокируя TOR-зависимые процессы метаболизма и роста, потребляющие АТФ и не существенные для выживания в условиях стресса.

Поскольку в листьях фотосинтез является важным источником как энергии АТФ, так и сахаров, то можно предположить участие SnRK1 в регуляции фотосинтеза. Этот вопрос изучали в данной работе. В качестве модельных растений были выбраны линии *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. с разным уровнем экспрессии гена каталитической субъединицы SnRK1-киназы – *KIN10*: линии RNAi с подавлением экспрессии *KIN10* и линии со сверхэкспрессией *KIN10*. Была проведена проверка уровней экспрессии *KIN10* с помощью ПЦР РВ у трансгенных линий на двух стадиях: у 9-дневных проростков и в листьях взрослых растений. Также подтверждено, что трансгенные линии достоверно различаются по содержанию транскриптов *KIN10*, но не отличаются по экспрессии гена второй изоформы каталитической субъединицы SnRK1 – *KIN11*. Далее были изучены показатели газообмена и активности фотосистем у растений в отсутствие стресса и при почвенном засолении. Изучали скорость фотосинтетической фиксации CO<sub>2</sub>, скорость транспирации, ОЖР-кинетики, параметры переменной флуоресценции хлорофилла *a* и электрохромного сдвига.

Засоление вызывало сходные изменения параметров флуоресценции хлорофилла у всех исследованных линий. Однако наблюдалось снижение поглощения CO<sub>2</sub> на свету в линиях дикого типа и со сверхэкспрессией *KIN10*, что может отражать усиление митохондриального дыхания. Таким образом, SnRK1 скорее всего не участвует напрямую в регуляции фотосинтеза в условиях солевого стресса, но активирует дыхательный метаболизм.

*Исследование поддержано РФФИ (грант №20-34-90138).*

### **Перспективы введения аралии сердцевидной (*Aralia cordata* Thunb.) в культуру *in vitro***

Prospects for *in vitro* culture of *Aralia cordata* Thunb.

Некрасова Д.А., Пovyдыш М.Н., Пивоварова Н.С.

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет, Санкт-Петербург,  
Россия

*nekrasova.darya@pharminnotech.com*

Аралия сердцевидная (*Aralia cordata* Thunb.) – многолетнее травянистое растение высотой до 1,25 м. Фармакологические эффекты настойки из данного растения позволили рассматривать его в качестве потенциального заменителя аралии маньчжурской (*Aralia mandshurica* Rupr. et Maxim.) – источника тонизирующих и гипогликемических средств. В настоящее время вид внесен в Красную книгу России.

Вторичные метаболиты, синтезируемые аралией сердцевидной, проявляют адаптогенное, противовоспалительное, противодиабетическое, гепатопротекторное и др. действие. В китайской и корейской медицине корни применяют как заменитель женьшеня. Совокупность ценных для человека видов активности, ограниченность естественного ареала, а также сложность культивирования данного вида, ставят вопрос касательно целесообразности введения растительных объектов в культуру *in vitro*. Целью работы является изучение биосинтетической активности каллусных культур аралии сердцевидной, сравнение их химического состава с интактным растением.

Первичными эксплантами для получения каллусных культур аралии служили части листа интактных растений, культивируемых в Ботаническом институте имени В.Л. Комарова Российской академии наук (БИН РАН). Экспланты стерилизовали и высаживали на питательную среду Мурасиге-Скуга с добавлением 0,5 мг/мл 2,4-Д и 0,5 мг/мл кинетина. На 30 сутки полученный первичный каллус был перенесен на свежую питательную среду с добавлением различных фитогормонов: 1 мг/л 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) и 1,0 мг/л кинетина, 1,0 мг/л 2,4Д и 0,5 мг/л α-нафтилуксусной кислоты (НУК). Фитохимический анализ интактного растения методом ВЭТСХ в системе хлороформ – этилацетат – метанол – вода (15:40:22:9) позволил впервые идентифицировать два гинзенозида - Rb<sub>2</sub> и Rd.

Результаты определения оптимального состава питательной среды для *in vitro* культивирования аралии сердцевидной и результаты анализа химических компонентов каллусных культур будут освещены в докладе.

### **Некоторые биохимические особенности при формировании ядровой древесины у сосны обыкновенной**

Some metabolic features during the heartwood formation in Scots pine

Никерова К.М., Галибина Н.А., Ершова М.А., Мощенская Ю.Л., Софронова И.Н., Бородин М.Н.,  
Коржова М.А.

Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, Россия  
knikerova@yandex.ru

У древесных растений завершающим этапом развития ксилемы является формирование ядровой (мертвой) древесины (HW) – иначе, старение заболони (SW), при котором погибают клетки лучевой и аксиальной паренхимы и прекращается физиологическая активность; в центре ствола образуется нефункциональная ксилема.

Впервые на территории России в ходе исследования растений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) разного возраста (30-180 лет) в сосняках брусничных в средней подзоне тайги, северной подзоне тайги и северной границе северной подзоны тайги было изучено содержание структурных и запасных полимеров в SW и HW. Их аккумуляция – следствие разнонаправленной работы ферментов углеводного и фенольного метаболизма и кодирующих их генов.

Предварительно для определения зоны перехода между SW и HW были апробированы разные варианты окрашивания. Самым эффективным стало совместное использование водных растворов нитрата калия и сульфаниловой кислоты, которые вступали в цветную химическую реакцию с содержащимся в HW фенольным метаболитом – пиносильвином.

Особый интерес представляла транзитная зона (TZ) между SW и HW. В радиальном ряду SW – TZ – HW в период покоя на примере 70-80-летних деревьев сосны, произрастающих в северной подзоне тайги было отмечено снижение доли целлюлозы и увеличение доли полимеров фенольной природы (лигнин, экстрактивные вещества). Для TZ выявлена высокая вариабельность всех исследуемых показателей. В широтном диапазоне значимого изменения содержания полимеров не обнаружено. В HW были отмечены следовые содержания крахмала: как в период активного роста – когда в SW, напротив, содержание крахмала было значительно выше; так и в период покоя – когда содержание крахмала в HW и SW отличалось, но не значительно.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось при финансовой поддержке РНФ (№ 21-14-00204).

Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

### **Роль эффекторов *Stagonospora nodorum* в подавлении защитного ответа растений пшеницы за счет регуляции работы компонентов про-/антиоксидантной системы**

The role of *Stagonospora nodorum* effectors in the suppression of the defense response of wheat plants due to the regulation of the components of the pro-/antioxidant system

Нужная Т.В.<sup>1</sup>, Веселова С.В.<sup>2</sup>, Шоева О.Ю.<sup>3</sup>, Бурханова Г.Ф.<sup>2</sup>, Румянцев С.Д.<sup>2</sup>, Миннигалиева А.Ф.<sup>2</sup>, Максимов И.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия;

<sup>2</sup>Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия;

<sup>3</sup>Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия  
tanyawww89@mail.ru

Наиболее важными факторами вирулентности *Stagonospora nodorum* Berk. являются множественные некротрофные эффекторы (НЭ). Основные эффекторы патогена SnToxA, SnTox1, SnTox3 вызывают некрозы и хлорозы у восприимчивых генотипов пшеницы, из чего следует их влияние на редокс-метаболизм растения-хозяина. Мы изучили раннюю стадию инфицирования различных генотипов мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) изолятами *S. nodorum* – Sn4VD, SnB и Sn9MN, несущими различный набор генов НЭ.

Наши результаты показали, что все три НЭ SnToxA, SnTox1, SnTox3 играли важную роль в ингибировании продукции активных форм кислорода (АФК) в растениях на начальной стадии инфицирования. SnTox3 ингибировал продукцию АФК в пшенице, воздействуя на НАДФН-оксидазу, пероксидазу, супероксиддисмутазу и каталазу посредством активации этиленового сигнального пути. SnToxA подавлял продукцию АФК в пшенице, воздействуя на пероксидазы и каталазу. SnTox1 ингибировал продукцию АФК в пшенице, главным образом влияя на пероксидазу. Мы предполагаем, что различное влияние НЭ на ферменты редокс-метаболизма могло быть связано с дополнительными функциями эффекторов. Недавно было обнаружено прямое взаимодействие SnToxA и SnTox3 с патоген-



индуцируемым белком PR-1, маркером салицилатного (СК) сигнального пути, приводившее к повышению восприимчивости растений к *S. nodorum*. Нами было показано, что SnTox3 подавлял СК-путь и окислительный взрыв, снижая содержание цитокининов и активируя этиленовый сигнальный путь у восприимчивого генотипа пшеницы. SnTox1 обладает хитин-связывающей активностью, что приводит к защите грибных гиф и супрессии иммунного ответа в растении, так как фрагменты хитина активируют растительные пероксидазы, участвующие в развитии окислительного взрыва. Таким образом, подавление защитного ответа растений пшеницы эффекторами *S. nodorum* SnToxA, SnTox1, SnTox3 осуществлялось благодаря снижению генерации АФК у восприимчивых генотипов пшеницы на начальном этапе инфицирования.

Работа поддержана грантом МК-2293.2022.1.4.

### **Особенности роста и развития растений огурца при различной степени почвенного засоления**

Features of growth and development of cucumber plants with different degrees of soil salinization

Овчинников И.А.

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

igor-1606@mail.ru

Засоление – один из наиболее важных абиотических факторов, который отрицательно сказывается на росте и развитии растений. Цель данной работы – исследование изменения биометрических параметров, выхода электролитов и содержания пролина у растений огурца, выращенных при различной степени почвенного засоления в закрытом грунте. Растения огурца сорт «Малышок» выращивали в контейнерах (объем 0,5 литра) на торфогрунте с добавлением минеральных удобрений (N 0.16, P 0.15, K 0.15г/л). С 12-ых (фаза 1-го настоящего листа) по 16-е (фаза 2-го настоящего листа) сутки проводили 3-х кратный полив растений растворами NaCl в концентрациях 50, 75, 100, 125 и 150мМ. Контролем служили растения, поливаемые водой. Длительность эксперимента 5 недель (4-5 настоящих листьев).

Отмечалось закономерное снижение длины надземной части и сырой массы растений с повышением концентрации соли в используемом растворе. Максимальное ингибирование линейного роста наблюдалось при действии 125 и 150мМ раствора хлорида натрия – практически в 2 раза относительно контрольных растений, сырая масса надземной части в данных концентрациях раствора соли снижалась на 72% и 74% по сравнению с контролем. Выход электролитов из листьев огурца возрастал в среднем в 2,6 раза в вариантах 100, 125 и 150мМ раствора NaCl. Однако содержание свободного пролина в 3-4-ом листе снижалось с увеличением концентраций соли в растворе, в вариантах 50, 75 и 100мМ NaCl – на 25%, в вариантах 125 и 150мМ NaCl – на 54% по сравнению с его содержанием в листьях контрольных растений. Сопоставив все выше изложенное, можно сделать вывод, что с увеличением концентраций соли в почвогрунте ожидаемо угнетался рост и развитие и наблюдалось стрессовое состояние у растений огурца, о чем свидетельствует нарушение целостности мембран, при этом снижение уровня пролина в листьях может быть связано с его перемещением в корневую систему для ее защиты от непосредственного действия стрессового фактора, что будет выяснено в следующей серии опытов.

### **Роль бактерий *Bacillus* spp. в индукции гормональных сигнальных путей растений при развитии устойчивости пшеницы к злаковой тле**

The role of *Bacillus* spp. in the induction of plant hormonal signaling pathways during the development of wheat resistance against greenbug aphid

Румянцев С.Д., Алексеев В.Ю., Веселова С.В., Бурханова Г.Ф., Максимов И.В.

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия

rumyantsev-serg@mail.ru

Один из механизмов, способствующий формированию устойчивости растений к вредителям, может быть связан с опосредованной индукцией штаммами *Bacillus* spp. системной индуцированной устойчивости (СИУ). Показано, что заселение тлями запускает в растениях как ЖК/этилен-, так и салицилат (СК)-зависимые защитные ответы. ЖК-зависимые защитные реакции индуцируются в ответ на механическое повреждение, а активация СК-зависимого защитного ответа осуществляется химическими детерминантами, содержащимися в слюне тлей. Кроме того, включение СК-сигнального пути может быть общим механизмом антибиоза и отпугивания тлей у устойчивых форм растений. Для определения способности бактерий *B. subtilis* Cohn. и *B. thuringiensis* Berliner регулировать СИУ в растениях пшеницы

против обыкновенной злаковой тли *Schizaphis graminum* Rond. изучена экспрессия генов, кодирующих PR-белки и транскрипционные факторы (ТФ), маркеры и регуляторы СК-, ЖК- и этилен-сигнальных путей.

Наши результаты показали, что заселение восприимчивого сорта Салават Юлаев (СЮ) обыкновенной злаковой тлей приводило к активации ЖК-сигнального пути – значительно повышалось содержание транскриптов генов *PR3*, *PR6* и *PR9*, и к ингибированию СК-сигнального пути – снижалось содержание мРНК генов ТФ *WRKY13* и *WRKY45*. Предпосевная обработка бактериальными штаммами *B. subtilis* приводила к накоплению мРНК генов *PR1*, *PR2*, *PR9* и *WRKY13* маркеров СК-сигнального пути у растений заселенных злаковой тлей. Некоторые штаммы *B. subtilis* активировали этиленовый сигнальный путь. Предпосевная обработка штаммами *B. thuringiensis* значительно сильнее, чем в контрольных растениях заселенных злаковой тлей, повышала содержание транскриптов генов ЖК-сигнального пути - *PR-3*, *PR-6* и *WRKY53b*, что может говорить о более сильной реакции. Таким образом, штаммы *Bacillus* spp. индуцировали различные гормональные сигнальные пути, что должно учитываться при составлении бактериальных смесей для биологических препаратов.

*Работа поддержана грантом МК-2543.2022.1.4.*

### **Взаимодействие фоторецепторов и хлоропластов в процессе восприятия света растениями**

Interaction of photoreceptors and chloroplasts in the perception of light in plants

Рыжова Л.Ю., Дмитриева В.А., Тютерева Е.В., Войцеховская О.В.

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

*cocossscat@gmail.com*

Свет играет в жизни растений важнейшую роль: его интенсивность и спектральный состав определяют рост и развитие растений, в том числе, такой важный этап онтогенеза, как переход к генеративному развитию. Восприятие светового сигнала листьями растений опосредовано фоторецепторами, а также хлоропластами. И фоторецепторы, и хлоропласты являются источниками сигнальных каскадов, которые генерируются в ответ на изменения световых условий. Однако, взаимодействие между этими сигнальными каскадами практически не изучено. Хлоропласты напрямую связаны со светом; изменения в качестве и интенсивности света влияют на редокс-потенциал, образование АФК в хлоропластах, что в свою очередь отражается на метаболизме всего растения. Одно и то же воздействие на хлоропласты может стать источником разных сигналов в зависимости от состояния хлоропластов, что, в свою очередь, может инициировать различные транскрипционные процессы в ядре клетки. Мы предполагаем, что сложные взаимодействия между ядром и хлоропластами посредством фоторецепторов являются важной частью ретроградной сигнализации; роль этих процессов в восприятии света растениями и изучается в данной работе.

В ходе выполнения исследования изучалось влияние сигналов от хлоропластов на экспрессию генов таких фоторецепторов, как фитохромы и криптохромы, в листьях мутантов *Arabidopsis thaliana* (L.) Neunh. с изменениями в фотосинтетическом аппарате. В качестве моделей были выбраны мутанты *chl1*, характеризующиеся отсутствием хлорофилла *b*, и сверхэкспрессоры гена цианобактериальной хлорофиллид-*a*-оксигеназы *PhCAO*, накапливающие хлорофилл *b* в избытке. Кроме того, сравнивалось влияние белого и дальнего красного света, а также ингибитора дыхательной цепи – антимицина А – на содержание АТФ в листьях *A. thaliana* дикого типа и мутанта *ntrc*, у которого отсутствует НАДФН тиоредоксин-редуктаза *C*. В докладе будут обсуждаться полученные результаты и их вклад в понимание взаимосвязи между хлоропластами и фоторецепторами.

### **Моделирование отдельных этапов оксалат-карбонатного цикла в сообществах грибов и бактерий**

Modeling of individual stages of the oxalate-carbonate cycle in the communities of fungi and bacteria

Сазанова К.В.<sup>1</sup>, Зеленская М.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*ksazanova@binran.ru*

Несмотря на логически обоснованную схему оксалат-карбонатного пути, связывающего фотосинтетическую фиксацию CO<sub>2</sub>, синтез оксалатов и карбоната кальция, на сегодняшний день нет экспериментальных доказательств его функционирования в почвах или на других субстратах, а

исследования роли трофических и аллелопатических взаимодействий микроорганизмов в регуляции оксалат-карбонатного пути очень ограничены.

Цель данной работы – выявление взаимосвязи метаболических процессов, способствующих образованию оксалата кальция и кальцита в ассоциациях грибов и бактерий.

Опыты проводили с использованием монокультур с сообществ *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum* и *Bacillus subtilis*. Культивирование выполняли на среде Чапека-Докса с добавлением карбоната кальция. Отдельный блок экспериментов включал исследование оксалотрофной активности бактерий и грибов на средах с частичной или полной заменой сахаров оксалатом кальция.

В культуральной жидкости анализировали состав низкомолекулярных органических веществ, а также количественно определяли содержание экстраклеточного полимерного матрикса. Анализ малых органических молекул выполнен методом ГХ-МС на хроматографе Maestro instrument.

Результаты показали, что монокультуры и ассоциации *P. chrysogenum* и *B. subtilis* могут проявлять как оксалогенную, так и оксалотрофную активность в зависимости от трофических условий и времени культивирования. Экстраклеточный полимерный матрикс, продуцируемый *B. subtilis* и *P. chrysogenum* при исходной концентрации глюкозы более 10 г/л выполняет средообразующую функцию и способствует кристаллизации вторичного кальцита. Интенсивное выделение органических кислот *A. niger* препятствует формированию устойчивых ассоциаций и способствует только оксалатной кристаллизации.

*Работа выполнена при поддержке РФФ: грант № 21-74-00031 «Грибы и бактерии в биогеохимических циклах: трофические и аллелопатические взаимодействия, роль в детоксикации металлов».*

### Цианобактерии, использующие дальний красный свет

Cyanobacteria which use far-red light

Сенатская Е.В., Аверина С.Г., Полякова Е.Ю., Величко Н.В., Пиневиц А.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*senatskaya.kate.vbg@yandex.ru*

Способность использовать дальний красный свет (700–750 нм) в процессе фотосинтеза – важная с экологической точки зрения особенность отдельных штаммов цианобактерий. В ходе поисков на кафедре микробиологии СПбГУ было протестировано более 70 штаммов, хранящихся в коллекции, а также более 80 новых природных изолятов. В итоге были найдены как минимум 15 штаммов, способных использовать ДКС (6 штаммов из коллекции и 9 – из природных образцов). Спектры поглощения и спектры эмиссии флуоресценции культур, выращенных на ДКС, имели дополнительные пики при  $\lambda > 700$  нм. Для некоторых из описанных штаммов был проведен анализ пигментного состава с использованием метода HPLC, в результате которого были идентифицированы пигменты, поглощающие ДКС – хлорофиллы (хл) *d* и *f*. Содержание хл *f* не превышало 9%, а хл *d* – 0,6% суммарного количества хлорофиллов.

Филогенетический анализ с использованием гена 16S рРНК, показал, что штаммы, образующие хл *f* и *d*, относятся к разным филогенетическим группам. На основе полифазного анализа (на основе фенотипических, а также генотипических признаков, в том числе последовательности генов 16S рРНК, генов *rbc*-оперона и гена *rpoC*; специфики первичной и вторичной структуры внутреннего транскрибируемого спейсера ITS рибосомного оперона), один из штаммов, CALU 1173, ранее идентифицированный как *Synechocystis* sp., был отнесен к новому виду *Altericista variichlora*.

*Исследование проведено с использованием оборудования Ресурсных центров Научного парка СПбГУ “Развитие молекулярных и клеточных технологий”, “Лазерные и оптические методы исследования вещества” и “Культивирование микроорганизмов” при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 20-04-00020).*

### Изучение продукции АФК в клетках растений при окислительном стрессе

Studying of ROS production in plant cell under the influence of oxidative stress

Смирнов П.Д.<sup>1</sup>, Жуйкова О.А.<sup>2</sup>, Болотникова О.И.<sup>2</sup>, Емельянов В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

*p.smirnow@spbu.ru*

Изучали изменение концентрации активных форм кислорода (АФК) в растительной клетке под влиянием окислительного стресса, вызванного постгипоксической реаэрацией и прооксидантами-

генераторами окислительных процессов. Рис (*Oryza sativa* L.) использовали в качестве устойчивого к затоплению растения, пшеницу (*Triticum aestivum* L.) – неустойчивого. Протопласты мезофилла получали ферментным методом. Продукцию АФК в протопластах оценивали с помощью флуоресцентного красителя CM-H<sub>2</sub>DCFDA и сканирующего конфокального микроскопа Leica TCS SP5 на базе ресурсного центра «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ.

Кислородная недостаточность приводила к стимуляции продукции АФК в протопластах обоих растений. Увеличение уровня АФК после 30 минут гипоксии было выше в протопластах риса, где оно существенно подавлялась дифенилениодонием – ингибитором НАДФН-оксидазы плазмалеммы, что указывает на её участие в трансдукции кислородного сигнала. Постгипоксическая продукция АФК в протопластах риса была приблизительно в два раза выше, чем у пшеницы, и меньше, чем при действии гипоксии.

Индукторы продукции супероксидного анион-радикала, менадион и метилвиологен (100 мкМ) в протопластах из побегов риса вызывали увеличение флуоресценции CM-H<sub>2</sub>DCFDA, сопоставимое с действием гипоксии и реэрации. У пшеницы менадион и метилвиологен вызывали значительную генерацию АФК, в 5–6 раз большую, чем гипоксия, и в 10 раз большую, чем реэрация. Обработка протопластов 50 мкМ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> вызывала увеличение флуоресценции аналогичное 100 мкМ менадиона. Несколько удивительной была реакция протопластов риса на H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. В концентрации 50 мкМ она вызывала резкое возрастание флуоресценции CM-H<sub>2</sub>DCFDA, в 2 раза большее, чем у пшеницы. Применение меньших концентраций (2, 5, 10 мкМ) приводило к постепенному доза-зависимому снижению ответа. Выявлена повышенная чувствительность протопластов риса к гипоксии, реэрации и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

*Исследование поддержано РНФ № 22-24-00484.*

### **Совместная обработка растений картофеля *Bacillus thuringiensis* B-5351 и салициловой кислотой индуцирует устойчивость к возбудителю фитофтороза *Phytophthora infestans***

Combined treatment of potato plants with *Bacillus thuringiensis* B-5351 and salicylic acid induces resistance to late blight pathogen *Phytophthora infestans*

Сорокань А.В., Бурханова Г.Ф., Алексеев В.Ю.

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение УФИЦ РАН, Уфа, Россия  
*fourtyanns@googlemail.com*

Альтернативой химическим пестицидам могут стать препараты на основе эндофитных штаммов *B. thuringiensis* Berliner, продуцирующих инсектотоксичные белки. Но растение одновременно поражается насекомыми и патогенами, что требует устойчивости к комплексу биотических воздействий. Целью данной работы было изучение влияния салициловой кислоты (СК) и *B. thuringiensis* B-5153 (*Bt*) на активность защитных реакций растений картофеля при инфицировании возбудителем фитофтороза *P. infestans* (Mont.) de Bary (*Pi*).

Использовали стерильные растения картофеля (Ранняя роза). 20-дневные растения картофеля инокулировали суспензией *Bt* в воде или в 1 мкМ растворе СК. На 7-й день после инокуляции *Bt* оценивали число их колониеобразующих единиц (КОЕ) в тканях растений и часть заражали спорами *Pi*, затем растения фиксировали для оценки транскрипционной активности генов PR6 (ингибитор протеиназ), PR1 и PAL (фенилаланинаммоний лиаза) (CFX Connect Bio-Rad (США)), активности ингибиторов протеиназ и содержания перекиси водорода. Результаты обрабатывали с помощью Statistica 12.0 (StatSoft).

СК повышала содержание живых клеток *Bt* во внутренних тканях растений (2341,4±148,35\*10<sup>3</sup> КОЕ/г) по сравнению с индивидуальной обработкой исследуемым бактериальным штаммом (726,8±161,46\*10<sup>3</sup> КОЕ/г). Обработка *Bt* не снижала пораженности растений фитофторозом, при действии СК этот показатель снижался вдвое, СК+*Bt* – в 4 раза по сравнению с контролем. Обработка *Bt* повышала активность ингибиторов протеиназ через 6 ч, а *Bt*+СК – через 6 и 24 ч после заражения *Pi*. В зараженных растениях, обработанных СК, содержание H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> превышало контрольные значения более чем на 40%, обработанных *Bt*+СК – более чем втрое. Обработка СК+*Bt* увеличивала содержание транскриптов гена PR6 на 50%, PR1 – на 30% и PAL – на 100% в инфицированных *Pi* растениях. Наши результаты показали эффективность композиции на основе живых бактерий *Bt* и СК для защиты картофеля от фитофтороза за счет индукции системных защитных реакций.

*Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 20-76-00003.*



**Рандомизация положения растений относительно вектора силы тяжести как методический подход для изучения роста и развития растений в условиях микрогравитации**

Plant position randomization relative to gravity factor as a methodological approach to study plant growth and development in microgravity conditions

Уткин А.Д.<sup>1</sup>, Попова В.В.<sup>1</sup>, Пожванов Г.А.<sup>1,2</sup>, Билова Т.Е.<sup>1</sup>, Васильев А.С.<sup>3</sup>, Шарова Е.И.<sup>1</sup>, Фролов А.А.<sup>1</sup>, Смоликова Г.Н.<sup>1</sup>, Медведев С.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт Петербург, Россия  
st096318@student.spbu.ru

Наземные растения в течение длительного периода эволюции хорошо приспособились к гравитационным условиям Земли и используют вектор силы тяжести как надежный ориентир и главную ось, относительно которой строится и функционирует организм (Hudson, 2000; Медведев, 2012, 2013). Для изучения роли силы тяжести в физиологии растительного организма уникальную возможность дает космическая биология, позволяющая выявить влияние на растения условий микрогравитации (Paul et al., 2017; Kamal et al., 2019; Kruse et al., 2020; Kordyum, Hasenstein, 2021; Basu et al., 2022). Однако эксперименты, проведенные на МКС, показали, что в условиях космического полета невозможно выявить влияние самой микрогравитации, поскольку помимо нее на растения одновременно действуют также и другие факторы: высокое содержание этилена, отсутствие конвекции, космическая радиация и др. (Vandenbrink, Kiss, 2016). На Земле эффекты микрогравитации позволяет моделировать рандомизация вектора силы тяжести с помощью 3-D-клиностаტიрования, когда растения лишены возможности воспринимать гравитационный стимул из-за постоянного изменения их положения в пространстве (Zhang et al., 2022). В нашей группе в течение многих лет изучаются механизмы роста и развития растений (капуста, рапс, арабидопсис) в условиях клиностаტიрования (Пожванов и др, 2016, 2017; Frolov et al., 2018; Chantseva et al., 2019, Pozhvanov et al., 2021). Недавно нами была сконструирована модель устройства случайного позиционирования (random positioning machines, RPM), которая позволяет рандомизировать положение объектов относительно вектора силы тяжести путем их постоянного вращения во взаимно перпендикулярных осях со случайно изменяющейся скоростью и направления вращения. В докладе будут обсуждаться особенности выращивания растений с использованием RPM.

Работа выполняется за счет гранта РФФИ № 20-04-01041 с использованием оборудования РЦ Научного парка СПбГУ «Развитие клеточных и молекулярных технологий».

**Идентификация генов флавинодержущих монооксигеназ (FMO) в геноме чеснока*****Allium sativum* L. и их роль в ответе на заражение *Fusarium proliferatum***

Genome-wide identification of flavin-containing monooxygenase (FMO) genes in garlic *Allium sativum* L. and their role in response to *Fusarium proliferatum* infection

Филюшин М.А., Анисимова О.К.

Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

michel7753@mail.ru

Флавинодержущие монооксигеназы (FMO) осуществляют реакцию оксигенации – важного этапа биосинтеза гормонов, гликозидов и других веществ, участвующих в сигнальных путях и ответе на стресс. Отличительной чертой чеснока является биосинтез сераорганических соединений, прежде всего аллиина, образующегося в результате оксигенации S-аллилцистеина флавинодержущими монооксигеназами. К настоящему времени у чеснока идентифицирован и описан только один ген семейства FMO, продукт которого участвует в синтезе аллиина в листьях. В данной работе проведена идентификация и характеристика всех генов семейства FMO в геноме чеснока *Allium sativum* L., определены профили их экспрессии в ответ на заражение грибом *Fusarium proliferatum* Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg.

Всего в геноме чеснока идентифицировано 39 генов семейства FMO. В белках AsFMOs определены основные домены и мотивы. Филогенетический анализ выявил разделение AsFMOs на три клады. Экспрессия большинства генов AsFMO выражена в ложном стебле и листьях чеснока. В цветках наиболее выражена экспрессия генов AsFMO6, AsFMO11 и AsFMO35. В корнях значимая экспрессия выявлена только генов AsFMO6, AsFMO11, AsFMO18 и AsFMO35.

В корнях сортов чеснока Сармат и Стрелец, контрастных по устойчивости к фузариозной гнили, определены профили экспрессии генов AsFMO6, AsFMO11, AsFMO18 и AsFMO35 через 24 и 96 часов

после заражения *F. proliferatum*. Профили экспрессии генов *AsFMO6*, *AsFMO11* и *AsFMO18* у сравниваемых сортов чеснока были сходными, наблюдалась активация транскрипции через 24 и/или 96 часов после заражения. Профиль экспрессии гена *AsFMO35* различался: у устойчивого сорта Сармат в ответ на заражение транскрипция гена возрастала в 2,8 (24 ч) и 6,8 (96 ч) раз, а у восприимчивого сорта Стрелец уровень транскрипции увеличивался в 1,4 (24 ч) и 2,5 (96 ч). Обсуждаются возможные механизмы ответа растений чеснока на заражение *F. proliferatum* путем изменения содержания сераорганических соединений и участие в этом процессе FMO.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №21-76-00007.

### Компонентный состав низкомолекулярных метаболитов *Potamogeton perfoliatus* L. в Ладожском и Онежском озерах как индикатор их экологического состояния

Component composition of low molecular weight metabolites of *Potamogeton perfoliatus* L. in Ladoga and Onega lakes  
as an indicator of their ecological state

Ходонович В.В.<sup>1</sup>, Явид Е.Я.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский филиал ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга), Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН – обособленное структурное подразделение СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия  
*vapity94@mail.ru*

Макрофиты играют важную роль в формировании химического состава органических веществ в водоемах. Так как соединения, которые входят в состав метаболитов растений, являются биологически активными, то становится понятным интерес к этим веществам с точки зрения функционирования и управления экосистем. Одним из ярких примеров служит возможность подавления «цветения» водоемов с использованием низкомолекулярных органических соединений (НОС) растений, относящихся к группе аллелохемиков.

Проведено хромато-масс-спектрометрическое исследование эфирных масел рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.) в двух разнотипных озерах – Ладожском и Онежском. По результатам анализа эфирного масла рдеста во всех изучаемых нами биотопах было обнаружено 324 компонента, из которых 46 обнаружены во всех местообитаниях. В Ладожском озере в Свирской губе было найдено 94 соединения, а наименьшее количество в Волховской губе – 77 соединений, что, возможно, связано с угнетением здесь растений из-за повышенной антропогенной нагрузки. Онежское озеро – водоем с наименьшим числом НОС в составе макрофитов (д. Суйсарь – 85 веществ, р. Лижма – 81 вещество), что обусловлено олиготрофными условиями обитания, которые неблагоприятны для рдеста и могут его угнетать так же, как и антропогенное загрязнение.

Основная группа веществ, обнаруженная во всех местообитаниях – спирты, которые известны своим повышенным содержанием в биотопах с повышенным антропогенным воздействием. В озерах количество найденных спиртов – 25. Карбоновых кислот, как индикаторов ненарушенного водного биотопа, в составе метаболома рдеста выявлено всего 7 соединений, что, как и небольшое общее число НОС, свидетельствует о неблагоприятной среде обитания для *P. perfoliatus* в этих водоемах.

Полученные результаты показали, что существует возможность использования низкомолекулярных метаболитических профилей водных макрофитов для исследования и оценки экологического состояния водных систем.

### Цитологическая характеристика гибели клеток корня *Arabidopsis thaliana* под действием фитотоксинов гриба *Stagonospora cirsi*

The effects of phytotoxins of *Stagonospora cirsi* on the cell death in *Arabidopsis thaliana* roots

Цветкова П.С.<sup>1</sup>, Войцеховская О.В.<sup>2</sup>, Далинова А.А.<sup>3</sup>, Тютерева Е.В.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия  
*tspolina8@yandex.ru*

Засоренность сельскохозяйственных угодий может приводить к значительным потерям урожая. В качестве прообразов действующих веществ гербицидов, используемых для подавления сорных

растений, можно рассматривать фитотоксины фитопатогенных грибов, вызывающие гибель растительных клеток. Однако, для разработки аналогов природных гербицидов необходимо изучить механизмы действия фитотоксинов, в частности, индукцию гибели клеток.

Целью данной работы было определить временную зависимость индукции и локализацию очагов гибели клеток корня проростков *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. под действием фитотоксинов гриба *Stagonospora cirsii* Davis. – стагонолида А и гербарумина I. В экспериментах использовались 8–10 дневные проростки экотипа Col-0, выращенные в стерильной культуре в чашках Петри на полной среде Мурашиге и Скуга, с добавлением 1% сахарозы и 0,035% фитагеля. Проростки инкубировались в течение 1 ч, 2 ч или 3 ч в буфере (100 мМ сорбитол, 0,1 мМ КСl, 0,1 мМ СаСl<sub>2</sub>, 2 мМ Tris, 1 мМ MES, рН 6,0) без добавления фитотоксина (контрольная группа растений) или с добавлением стагонолида А или гербарумина I до конечной концентрации 10 и 50 мкг/мл соответственно (экспериментальные группы растений). Далее проростки окрашивали витальным красителем 0,025% (м/об) Evans Blue (Sigma). Через 30 мин окрашивания и трехкратной отмычки в буфере, готовили прижизненные временные препараты. Корни фотографировали с помощью флуоресцентного микроскопа Olympus BX51 (Япония) под 10X объективом в режимах светлого поля и детекции флуоресценции с использованием фильтра ( $\lambda_{ex}$ =530-550 нм;  $\lambda_{em}$ >590 нм). Гибель клеток корней в зонах деления, растяжения и всасывания отслеживали по накоплению красителя Evans Blue ( $\lambda_{ex}$ =470 нм;  $\lambda_{em}$ =680 нм), интенсивность флуоресценции которого оценивалась при анализе изображений программным пакетом ImageJ 1.37v software. В результате проведенного исследования описана динамика гибели клеток трех зон корня под воздействием двух фитотоксинов. Полученные данные будут использованы в дальнейшем для более детальной цитологической и молекулярной характеристики типа гибели клеток корня.

#### **Первый опыт введения зиготических зародышей клонов плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* L. в культуру *in vitro* (Карелия)**

The first experience of introducing zygotic embryos of plus trees *Pinus sylvestris* L. clones into culture *in vitro* (Karelia)

Чирва О.В., Ершова М.А., Игнатенко Р.В., Галибина Н.А.

Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия  
*tchirva.olga@yandex.ru*

*Pinus sylvestris* L. является трудным видом для размножения путем соматического эмбриогенеза (СЭ): короткое «временное окно» для введения эксплантов в культуру *in vitro* на оптимальной стадии развития зиготического зародыша, низкая частота инициации каллуса, наличие генотипов, способных к СЭ и др.

В качестве эксплантов использовали незрелые семена, собранные с клонов плюсовых деревьев *P. sylvestris*, произрастающих на Петрозаводской лесосеменной плантации (ЛСП, Карелия). Не зрелые шишки собирали в летний период 2020 и 2021 годов (с 7 и 16 деревьев, соответственно). Оптимальным периодом сбора шишек в 2020 году на ЛСП был конец третьей декады июня – второй декады июля (сумма эффективных температур 406,8–655,5 градусо-дней (при базовой температуре 5°C)) – 24 дня. В 2021 году данный период был короче на 7 дней (третья декада июня – первая декада июля (400,7–664,7 градусо-дней)).

Мегагаметофиты из незрелых семян помещали на питательную среду DCR с модификацией. В первый год исследования, в результате культивирования эксплантов в течение 2 месяцев, не было зарегистрировано признаков инициации СЭ, развития или гибели мегагаметофитов, что вероятно связано с негативным влиянием 70% этанола, который использовали при стерилизации семян. В 2021 г. семена стерилизовали растворами гипохлорита и перекиси водорода. Из 9,4% эксплантов образовались растения, калусообразование не наблюдалось. Полученный результат может быть связан с неподходящими концентрациями регуляторов роста в питательной среде, а также низким репродуктивным потенциалом родительских генотипов.

**Возможное участие транскрипционных факторов в регуляции генов, кодирующих Н<sup>+</sup>-АТФазу плазмалеммы, на этапе роста растяжением**

Possible involvement of transcriptional factors in regulation of genes encoding plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase during elongation growth

Шапиро А.А., Бертова А.Д., Шиков А.Е., Шишова М.Ф.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт Петербург, Россия  
st064820@student.spbu.ru

Н<sup>+</sup>-АТФаза плазмалеммы (ПМ) является участником многочисленных процессов в растительном организме, в числе которых участие в процессах роста растяжением. По литературным данным известно, что активность Н<sup>+</sup>-АТФазы ПМ меняется при действии самого широкого спектра внутренних и внешних факторов. Экспериментально доказана регуляция активности протонной помпы на пост-трансляционном уровне, преимущественно в результате обратимого фосфорилирования. Тем не менее, ряд косвенных данных указывает на возможность регуляции и на транскрипционном уровне с участием транскрипционных факторов (ТФ). Такая возможность была показана при действии стрессовых факторов. Однако участие ТФ в ходе онтогенеза остается дискуссионным.

Ранее было показано, что в ходе роста растяжением растительных клеток происходит активация накопления транскриптов ряда генов, кодирующих Н<sup>+</sup>-АТФазу ПМ. Данный феномен был выявлен как для клеток гипокотилей арабидопсиса, так и для клеток суспензионной культуры табака.

Цель работы заключается в анализе промоторной области генов, кодирующих Н<sup>+</sup>-АТФазу ПМ арабидопсиса: *ANA1*, *ANA3*, *ANA4*, *ANA9*, *ANA11*. Именно они характеризовались максимальной экспрессией в клетках гипокотыля, растущих растяжением. С использованием базы данных TAIR10 (<https://www.arabidopsis.org/index.jsp>) и ресурса Ensembl Plants (<https://plants.ensembl.org/index.html>) были проанализированы последовательности промоторных областей генов, располагающихся 500 п.н. выше кодирующей области (5' Flanking sequence, upstream). В ходе работы было выявлено 28 сигналов, относящихся к 21 ТФ из 12 семейств. Было показано, что наибольшее количество сигналов (по 3 на каждый ТФ) приходится на транскрипционные факторы семейства AT-Hook (AHL12, AHL20 и AHL25). Возможная роль этих транскрипционных факторов в ходе роста растяжением требует дальнейшего изучения.



**Parks of museums-reserves as refugia for the conservation of the lichen biota biodiversity  
in the Moscow Region**

Парки музеев-заповедников как рефугиумы для сохранения биоразнообразия лишенобиоты  
Московского региона

Cherepenina D.A.

Institute of Forest Science RAS, Uspenskoe, Russia;

Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow, Russia;

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

*diana0075@mail.ru*

Lichenological studies in the Moscow Region were conducted in the parks of the museum-reserves (museum-estates) Abramtsevo, A.S. Pushkin, Ostafievo – Russian Parnassus, Gorki Leninskie, Podolie, D.I. Mendeleev and A.A. Blok, Ostankino, Kolomenskoe in 2016–2021. The collection and laboratory processing of the samples were carried out using generally accepted lichenological methods.

As a result of the analysis of literature data and field research, a list of lichen biota was compiled, including 186 species: 171 lichens, 9 non-lichenized and 6 lichenicolous fungi from 84 genera included in 42 families. Corticolous species predominate. The absence of obligate terricolous and the only finding of an obligate lignicolous species (found on treated wood) is explained by the conditions of a well-groomed park, where dry or rotting wood is removed, and there are almost no areas of unturned soil.

According to available data, the lichen biota of the surveyed park communities is more than 1/3 of the currently known list of lichen biota of the Moscow Region. The spectrum of the first five leading families of the identified lichen biota is close to that in natural forest communities. Rare and protected species in the region, species-indicators of biologically valuable forest and park communities of the subzone of coniferous-broadleaved forests, also species of predominantly “forest” ecology, were found in the territory of the surveyed parks. The above data point to the important role of the parks of the museum-reserves acting as “refugia” for the conservation biodiversity of the lichen biota in the Moscow Region.

**First record of the genus *Pisolithus* (Sclerodermataceae, Agaricomycetes) from Uzbekistan, Central Asia**

Первое указание рода *Pisolithus* (Sclerodermataceae, Agaricomycetes) для Узбекистана, Центральная Азия  
Islomiddinov Z.Sh.

Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

*zoirjon0991@bk.ru*

The genus *Pisolithus* within the family Sclerodermataceae contains about 20 species (He et al., 2019) and its members are found in the countries of the Old World and Oceania. The genus is characterized by soil-dwelling fruit bodies with variable shape and size often with a well-developed rooting base. *Pisolithus* species have been recorded as occurring in a range of habitats including forests, orchards, urban sites, and eroded soils.

*Pisolithus arhizus* is one of the most widespread representatives of this genus. To date, this species has not been reported in Central Asia. During our recent field work in Tashkent (Uzbekistan), several basidiomata of *Pisolithus arhizus* were found representing the first records of this species in Uzbekistan.

In this study, we present a new record of the gasteroid fungus *Pisolithus arhizus* in Uzbekistan, as well as the first record for Central Asia. Identification was performed based on the morphological characteristics of specimens collected. *P. arhizus* is an ectomycorrhizal fungus associated with *Juniperus* sp. and *Quercus* sp.

This finding indicates the presence of many unidentified or undescribed species in the mycobiota of the region that have not yet been studied. A further in-depth morphological and genetic taxonomic revision of *Pisolithus* species from Central Asia is needed.

**Is Dagestan a center of high diversity of lichen biota within the Caucasus?**

Является ли Дагестан центром высокого разнообразия лишенобиоты на Кавказе?

Ismailov A.B.

Mountain Botanical Garden of DFRC RAS, Makhachkala, Russia

*i.aziz@mail.ru*

In contrast to the relatively well-studied lichen biota of the western part of the Russian Caucasus (about 1700 species known for the North-West Caucasian orobiome), its eastern part was not so well explored until recently, but a high diversity was expected. Dagestan is located in the eastern part of the Caucasian biodiversity hotspot at the boundary between Europe and Asia. Before our investigations its lichen biota was one of the least explored in Russia and in the Caucasus Mountains. Only 63 species were known for Dagestan 10 years ago. Due to the great habitat diversity, a fairly high number of species can be expected to occur in Dagestan. Due to diverse geomorphology and large altitudinal range, Dagestan harbours a species-rich mosaic of vegetation ranging from xerophilous and alpine (e.g., mountainous dry pine forests, mesophytic deciduous forests, steppes, and semi-deserts) to subnival habitats. This is a good predictor of high lichen richness. Current lichenological research in Dagestan has started in 2009 and still goes on. Up to date, there are about 870 species known from the area. Is this a lot or not? Using a lichen coefficient and other indicators of studying we will try to answer this question. The significant increase of the number of known species occurred due to an intensive study of a small (15 km<sup>2</sup>) territory of the Gunib Plateau. Further prospects of the research are connected with a study of different taxonomic groups of lichens, especially in subnival habitats poorly studied within the Caucasus and Russia.

**Представители семейства Aspergillaceae в лесных почвах Кунгей Алатау (Казахстан)**

Representatives of the family of Aspergillaceae Link in forest soils of the Kungei Alatau (Kazakhstan)

Асылбек А.М., Рахимова Е.В., Кызметова Л.А., Сыпабеккызы Г., Айтымбет Ж., Урманов Г.А.

Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан

*a-asema-89@mail.ru*

Представители семейства Aspergillaceae Link – одни из наиболее часто выделяемых почвенных грибов, распространенных в различных климатических зонах мира. В Казахстане почвенные грибы являются одним из мало изученных компонентов биоценоза, поэтому целью наших исследований было изучение видового состава семейства Aspergillaceae в лесных почвах хребта Кунгей Алатау.

Выделение и последующую идентификацию почвенных грибов проводили согласно общепринятым методам. Названия видов грибов и авторы приведены в соответствии с базой данных Index Fungorum.

Из лесных почв хребта Кунгей Алатау выделен и идентифицирован 51 вид почвенных микромицетов, относящихся к семейству Aspergillaceae. Наибольшим количеством видов представлены роды *Penicillium* Link (31 вид), *Aspergillus* P. Micheli (13) и *Talaromyces* C.R. Benj. (6). Из рода *Aspergillus* наиболее часто встречается вид *A. niger* Tiegh., обнаруженный в 7 ущельях Кунгей Алатау. Наибольшее количество видов этого рода характерно для ризосферы *Rosa* spp. (8). Из рода *Penicillium* (31 вид) наиболее часто встречаются *P. decumbens* Thom, *P. canescens* Sopp и *P. parvum* Raper & Fennell. Наибольшее количество представителей рода *Penicillium* характерно для ризосферы *Artemisia* spp. и *Betula pendula* (9). Из рода *Talaromyces* часто встречаются виды *T. rugulosus* (Thom) Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert и *T. duclauxii* (Delacr.) Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert. Наибольшее количество представителей рода *Talaromyces* характерно для ризосферы *Rosa* spp. (3).

Материалы получены в процессе реализации проекта «Получение отечественных штаммов грибов рода *Trichoderma* для улучшения почв в агробиоценозах» (ИРН АР08052881).

**Деревообитающие афиллофориидные грибы западной части Республики Мордовия**

Wood-inhabiting aphyllorphoroid fungi of the western part of the Republic of Mordovia

Большаков С.Ю.

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

sbolshakov@binran.ru

Мокшанско-Цнинский лесной массив, протянувшийся от г. Тамбов до г. Саров, является одним из крупнейших в неморальной зоне. Почти половина его относится к территории Республики Мордовия. Микологическое изучение данной территории проводилось только в Мордовском заповеднике (Большаков, Змитрович, 2014). Полевые исследования были проведены нами в более 40 локалитетах в Атюрьевском, Zubovo-Polyanskом, Темниковском и Теньгушевском районах и ЗАТО г. Саров.

В результате для обследуемого лесного массива на западе Мордовии было выявлено 336 деревообитающих видов кортициоидных и полипороидных грибов. Изучены субстратные комплексы видов, ассоциированных с древесиной основных лесобразующих пород деревьев. 19% видов (от всего видового богатства) развиваются на древесине как лиственных, так и хвойных пород, 25% – только на древесине хвойных, 56% – только на древесине лиственных пород. Патогенная активность достоверно выявлена для 10% видов, найденных на стволах и ветках живых деревьев, ещё 28% видов выявлены на сухостойных стволах и сухих ветках в кронах живых деревьев.

Наибольшее число видов отмечено на древесине *Betula* spp. – 122 (36,30% от всего видового богатства), на древесине *Pinus sylvestris* отмечено 118 видов (35,12%), на *Populus tremula* – 114 видов (33,93%), на *Quercus robur* – 85 видов (22,97%), на *Tilia cordata* – 77 видов, на *Alnus glutinosa* – 76 видов, на *Picea abies* – 76 видов. На остальных родах древесных пород отмечено менее 50 видов. Для всех основных субстратов определены виды – ключевые участники разложения древесины на каждой из стадий разложения.

Проведена оценка альфа- и бета-разнообразия основных субстратных комплексов видов грибов, сравнение их видового состава и кластеризация с использованием показателей индекса сходства Сёренсена, используя данные о присутствии и отсутствии видов. Наибольшее число общих видов имеют *Betula* и *Populus* (60 видов), *Populus* и *Tilia* (49), *Betula* и *Alnus* (49), *Picea* и *Pinus* (46), *Betula* и *Tilia* (45).

**Температурная динамика роста и газообмена видов рода *Daedaleopsis***Growth and gas exchange temperature dynamics in *Daedaleopsis* speciesВладыкина В.Д.<sup>1</sup>, Диярова Д.К.<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия;<sup>2</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

victoria.yambusheva@urfu.ru

*Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schröt. и *D. tricolor* (Bull.) Bondartsev et Singer – два классических морфовида, не отличающиеся генетически на ITS уровне и являющиеся, морфологическими вариациями одного полиморфного вида – *D. confragosa* (Koukol et al., 2014; Mentrída et al., 2015; Mukhin et al., 2020). Наши исследования показывают, что они, наряду с морфологическими, имеют и значимые физиологические отличия, в частности по отношению к такому важному фактору, как температура.

По температурным особенностям роста мицелия *D. confragosa* и *D. tricolor* (температурный диапазон роста 5–40°C, температурный максимум 30–35°C) соответствуют мезофильным грибам, растущим в диапазоне температур 10–40°C, с оптимумом при 20–35°C. Однако они способны к росту при 5°C, что характерно для психрофильных грибов (Kirk et al., 2008). Эта черта более выражена у *D. confragosa*, мицелий которого при 5–10°C растет быстрее, чем у *D. tricolor*. В свою очередь, мицелий последнего активнее растет при 35°C. Такая же температурная динамика и у дыхательной активности мицелия на суло-агаре: регистрируется при 5–50°C, с максимумами при 35°C (у *D. confragosa*) и 45°C (у *D. tricolor*). Газообмен у *D. confragosa* более активный, чем у *D. tricolor* при 10–20°C, а при 40–45°C, наоборот, более активный у *D. tricolor*. Дыхание мицелия *D. confragosa* и *D. tricolor* при их развитии на древесине также регистрируется при 5–50°C, но с более низким (30°C) температурным максимумом у *D. confragosa* и более высоким (40°C) у *D. tricolor*.

Таким образом, по температурным характеристикам роста и газообмена *D. confragosa* демонстрирует большую приспособленность к низким, а *D. tricolor* – высоким температурам, что соответствует их географическому распространению в азиатской части России.

Исследование поддержано РФФИ и Правительством Свердловской области (проект 20-44-660012).

**Разнообразие ксилотрофных афиллофороидных грибов на массовом ветровале в полидоминантном широколиственном лесу (на примере заповедника «Калужские засеки»)**  
 Diversity of xylotrophic aphyllorphoroid fungi in a mass windthrow in a polydominant broad-leaved forest  
 (the example of the Kaluzhskiye Zaseki Nature Reserve)

Волобуев С.В.<sup>1,2</sup>, Ханина Л.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Институт математических проблем биологии РАН – филиал ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Пущино, Россия

*sergvolobuev@binran.ru*

Ксилотрофные макромицеты являются ключевыми компонентами лесных экосистем, обеспечивающими процессы биодеструкции древесного валежа и круговорот биогенных элементов. Разнообразие деревообитающих грибов определяется как характеристиками непосредственно древесного субстрата (таксономическая принадлежность древесной породы, размерность, стадия разложения), так и особенностями лесного сообщества, в том числе разнообразием и связанностью типов микроместообитаний.

Исследование сообществ ксилотрофных афиллофороидных грибов проведено в заповеднике «Калужские засеки», где сохранились уникальные массивы многовидовых широколиственных лесов. В 2006 году на территории заповедника произошел ветровал, общая площадь которого составила 285 га.

В результате обследования 8 валежных стволов и 33 спилов 8 древесных пород в пределах ветровала выявлены плодовые тела 100 видов афиллофороидных базидиомицетов, при этом 52 вида оказались новыми для региона.

22 вида грибов были идентифицированы как индикаторные (*sensu* Dufrêne, Legendre, 1997), в том числе для берёзы – *Fomes fomentarius* (L.) Fr., для дуба – *Hymenochaete rubiginosa* (Dicks.) Lév., *Xylobolus frustulatus* (Pers.) P. Karst., для клена – *Botryobasidium pruinautum* (Bres.) J. Erikss., *Datronia mollis* (Sommerf.) Donk, *Tomentella ferruginea* (Pers.) Pat., для осины – *Artomyces pyxidatus* (Pers.) Jülich, *Phellinus tremula* (Bondartsev) Bondartsev et P.N. Borisov, для ясеня – *Phlebia tremellosa* (Schrad.) Nakasone et Burds., и др.

По итогам молекулярного изучения свежесобранных образцов плодовых тел получены нуклеотидные последовательности ITS1-5.8S-ITS2 ярдНК для грибов из родов *Amylocorticium*, *Athelia*, *Kneiffiella*, *Leucogyrophana*, *Lyomyces* и др.

*Исследование поддержано Российским научным фондом (проект 22-24-01063).*

**Редкие виды грибов семейства Gyroporaceae на территории государственного природного заповедника «Эрзи», Республика Ингушетия**

Rare species of fungi of the family Gyroporaceae in the State Nature Reserve “Erzy”, Republic of Ingushetia

Гадаборшева М.А.<sup>1,2</sup>, Крапивина Е.А.<sup>3</sup>, Измайлова А.Т.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ингушский государственный университет, Магас, Россия;

<sup>2</sup>Государственный природный заповедник «Эрзи», Назрань, Россия;

<sup>3</sup>Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик, Россия

*mariam516@mail.ru*

Работа по инвентаризации микобиоты заповедных территорий регионов Российской части Центрального Кавказа имеет большое значение для мониторинга изменений структуры биоразнообразия природных экосистем. Исследования проводились в Джейрахском районе Республики Ингушетия на территории заповедника «Эрзи», с мая 2020 по сентябрь 2021 года. Нами были собраны сведения о популяциях редких видов грибов из семейства Gyroporaceae.

1. *Gyroporus cyanescens* (Bull.) Quéf. (Гиропор синеющий). Встречается одиночно в хвойных и широколиственных лесах. Плодовые тела развиваются на почве в июле-сентябре. В Республике Ингушетия встречается в среднегорной части Ассинского ущелья Сунженского района в окрестностях с. Мужичи и в Джейрахском районе в с. Ольгетти, а также на территории заповедника «Эрзи».

2. *Gyroporus castaneus* (Bull.) Quéf. (Гиропор каштановый). Предпочитает песчаные и глинистые почвы. Обитает в лиственных и смешанных лесах. Плодовые тела развиваются с конца июля до сентября. В Республике Ингушетия встречается в среднегорной части Ассинского ущелья Сунженского района в окрестностях с. Мужичи и в Джейрахском районе на территории заповедника «Эрзи». Вид внесен в Красные книги Краснодарского края (2017), Республика Адыгея (2012) и Кабардино-Балкарской Республики (2018).



**Микобиота дубрав острова Сарпинского (природный парк «Волго-Ахтубинская пойма», Волгоградская область)**

Mycobiota of Sarpinsky Island oak forests (Volga-Akhtuba Floodplain Nature Park, Volgograd region)

Гасина М.И., Курагина Н.С., Сагалаев В.А.

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

*kuragina23@mail.ru*

Отличительной и характерной особенностью дендрофлоры острова Сарпинского является произрастание на этом крупнейшем естественном островном сегменте Волго-Ахтубинской поймы старовозрастных дубрав. Возраст отдельных экземпляров дуба достигает 250–280 лет.

Основу растительного покрова пойменных дубрав острова составляют древесные виды. Помимо пойменного экотипа *Quercus robur* L., в них произрастают *Populus nigra* L., *P. alba* L., реже – *P. tremula* L., *Salix alba* L., *Ulmus laevis* Pall., *Acer tataricum* L.; нередко в межгрядных понижениях и на самих грибах можно встретить *Acer negundo* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall; вдоль речного русла на аллювиальных наносах обыкновенны кустарниковые виды *Salix cinerea* L., *S. triandra* L., *S. viminalis* L., *S. vinogradovii* A.K. Skvortsov, а также завезённая из Северной Америки и одичавшая здесь *Amorpha fruticosa* L. Из кустарников встречаются *Euonymus verrucosus* Scop., *Prunus spinosa* L., некоторые другие древесные растения.

Микологические обследования острова проводились с 2020 по 2021 гг. с использованием стандартных методов сбора, гербаризации и идентификации материала. В ходе работы было обнаружено 77 видов грибов из 61 рода, 47 семейств и 11 порядков. Ведущими порядками по числу видов являются *Polyporales* (27 видов), *Agaricales* (22) и *Hymenochaetales* (10). Лидирующие семейства – *Polyporaceae* (11 видов) и *Meruliaceae* (6), рода – *Peniophora*, *Tomentella*, *Trametes* (по 3 вида каждый). *Battarrea phalloides* (Dicks.) Pers., *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Geastrum fornicatum* (Huds.) Hook., *Myriostoma coliforme* (Dicks.) Corda внесены в Красную книгу Волгоградской области (2017).

**Два новых вида *Diaporthe*, поражающие подсолнечник в России**

Two novel *Diaporthe* species infecting sunflowers in Russia

Гомжина М.М., Ганнибал Ф.Б.

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

*gomzhina91@mail.ru*

Грибы рода *Diaporthe* Nitschke (= *Phomopsis* (Sacc.) Bubák) распространены повсеместно и известны преимущественно как сапротрофы, эндофиты и фитопатогены. Идентификация видов этого рода традиционно была основана на анализе морфологических и морфолого-культуральных признаков и на связи с питающим растением. На настоящий момент известно, что корректное определение микромицетов этого рода следует осуществлять, используя в качестве основных – молекулярно-генетические, а в качестве дополнительных – морфологические, культуральные и другие признаки.

Фомопсис стеблей подсолнечника – это экономически значимое заболевание, которое может приводить к колоссальным потерям урожая (до 100%). Оно распространено повсеместно в регионах, где возделывается эта культура. Исследованиями последних лет было доказано, что это заболевание может быть вызвано 13 видами *Diaporthe*. В России обнаруживали только один вид – *Diaporthe helianthi* Munt.-Svetk., Mihaljč. & M. Petrov, который включён в Единый перечень карантинных объектов, ограниченно распространённых на территории Евразийского экономического союза.

В 2018 году авторами из поверхностно стерилизованных образцов симптоматических стеблей и визуально здоровых семян, собранных в Белгородской и Челябинской областях соответственно, было выделено по два изолята идентифицированных, как *Diaporthe* spp. Результаты мультилокусного филогенетического анализа, основанного на секвенировании последовательностей внутренних транскрибируемых спейсеров рДНК (ITS), части генов ДНК-лиазы (*apn2*), кальмодулина (*cal*), гистона 3 (*his3*), фактора элонгации трансляции 1 $\alpha$  (*tef1*) и  $\beta$ -тубулина (*tub2*), а также на исследовании морфологических и морфолого-культуральных признаков, позволили заключить, что изоляты представляют собой два новых для науки вида. Один из новых таксонов представлен двумя изолятами из поражённых стеблей подсолнечника, собранных в Белгородской области, а другой – двумя изолятами из семян, собранных в Челябинской области.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-76-30005).

**Базидиомицеты памятника природы «Григорова балка» (Волгоград)**

Basidiomycetes of the Grigorova Balka nature sanctuary (Volgograd)

Дронова В.А., Курагина Н.С., Сагалаев В.А.

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

kuragina23@mail.ru

Памятник природы «Григорова балка» расположен в Советском районе г. Волгограда. Природной особенностью ООПТ являются 3 типа дубняков – остепнённый, ландышевый и крапивно-папоротниковый, а также ольшаник крапивно-папоротниковый. Древесно-кустарниковая растительность остепнённых дубняков представлена на 90% *Quercus robur* L., в подлесок входят *Ulmus minor* Mill., *Acer tataricum* L., *Rhamnus cathartica* L. и др. В подлеске дубняка ландышевого произрастают *Populus tremula* L., *Cerasus fruticosa* (Pall.) Woronow, *Malus praecox* (Pall.) Borkh., *Pyrus pyraister* (L.) Burgsd. и др. В состав основного яруса и подлеска дубняка и ольшаника крапивно-папоротниковых входят *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Ulmus laevis* Pall. и др.

Для сохранения биоразнообразия ООПТ необходима инвентаризация и оценка распространения редких и исчезающих видов. Выявление видового состава грибов на территории памятника природы стало целью настоящего исследования.

Полевые работы проводились с 2019 по 2021 гг. Идентификация собранного материала осуществлялась традиционными методами световой микроскопии. В ходе работы обнаружено 75 видов грибов, относящихся к 57 родам, 34 семействам, 9 порядкам. Наибольшим видовым богатством отличаются порядок *Agaricales* (36 видов) и семейство *Agaricaceae* (12), рода включают от одного до трёх видов.

Трофическая структура грибов характеризуется доминированием сапротрофов на почве и валежной древесине – 66 видов, паразитов – 5 видов, к образованию микоризы способны 7 видов. Наибольшее количество видов из всех найденных дереворазрушающих грибов приурочено к *Quercus robur* – 22 вида. *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. и *Battarreia phalloides* (Dicks.) Pers. включены в Красную книгу Волгоградской области (2017).

**Виды *Exobasidium* на *Rhododendron tomentosum* (= *Ledum palustre*)***Exobasidium* species on *Rhododendron tomentosum* (= *Ledum palustre*)

Дудка В.А.

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

vdudka@binran.ru

Среди паразитов из разных таксономических групп грибов на *Rhododendron* встречаются узкоспециализированные паразиты из рода *Exobasidium*. Рододендрон войлочный (*Rhododendron tomentosum* (Stokes) Harms), более известный как багульник болотный (*Ledum palustre* L.), является одним из самых широко распространённых видов рода *Rhododendron* в бореальной зоне. Одним из первых видов рода *Exobasidium* на *Rhododendron tomentosum* был описан *Exobasidium ledi* P. Karst. В ходе критического изучения литературы и материалов, хранящихся в микологических гербариях СПбГУ (ЛЕСВ), ВИЗР (LEP), БПИ ДВО РАН (VLA) и БИН РАН (LE), в последнем был обнаружен образец *Exobasidium* sp. на *Rhododendron tomentosum*, отличающийся симптомами поражения от *Exobasidium ledi*. При более детальном изучении и сравнении его с другими образцами *E. ledi* был выявлен ряд морфологических отличий, иной тип поражения, а также гистологические изменения строения листа при поражении данным грибом. При проведении сравнения последовательностей ITS участка яДНК также было показано отличие от *E. ledi* и других видов рода *Exobasidium*. Основываясь на узкой специализации видов рода *Exobasidium*, симптомах поражения, морфологии и молекулярных данных выдвигается предположение, что образец является новым таксоном видового уровня. В ходе работы также показана необходимость некоторых номенклатурных дополнений в отношении таксона *E. ledi*.

**Разнообразие филогенетических групп *Fomes fomentarius* на Урале**Diversity of *Fomes fomentarius* phylogenetic groups in the Urals

Жуйкова Е.В.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

e.zhuykova@list.ru

*Fomes fomentarius* (L.) Fr. (Polyporaceae, Agaricomycetes) – один из наиболее обычных видов ксилотрофных грибов в лесах Евразии. В силу своей массовости он определяет многие аспекты процессов разложения древесных остатков. Он также используется человеком с доисторических времен в различных сферах, в том числе в народной медицине, что делает его перспективным источником новых лекарственных и биологически активных веществ для современной фармакологии. Как и большинство других видов трутовых грибов, *F. fomentarius* был описан как вид по морфологическим и анатомическим признакам плодовых тел. Он рассматривается как мономорфный вид, но на генетическом уровне таковым не является, так как включает в себя несколько филогенетических линий и сублиний.

Филогенетический анализ внутренних транскрибируемых спейсеров рибосомальной ДНК (ITS) из 51 изолята показывает, что на границе европейского и азиатского субконтинентов *Fomes fomentarius* представлен двумя филогенетическими сублиниями: A2, или *F. fomentarius* s. str., (34 изолята) и B2, или *F. inzengae* (Ces. & De Not.) Cooke, (17 изолятов). Грибы первой сублинии встречаются в основном на *Betula* (29 находок, 85%), а также на *Alnus* (1), *Prunus* (1), *Salix* (1) и *Sorbus* (1). В трофическом спектре грибов второй сублинии *Betula* отсутствует. Среди субстратов отмечены *Acer* (2), *Salix* (1), *Tilia* (2), а основным является *Populus* (12 находок, 71%).

Подобные различия обеспечивают возможность симпатрического существования грибов рассматриваемых филогенетических сублиний. Их ареалы перекрываются и охватывают Южный, Средний и Северный Урал, а также Северный Казахстан, но сублиния B2 чаще встречается в южных, а сублиния A2 – в северных районах Урала. Уровень генетической дистанционности сублиний позволяет рассматривать их как симпатрические криптические подвиды: *F. fomentarius* subsp. *fomentarius* (L.) Fr. и подвид, соответствующий *F. fomentarius* f. *inzengae* (Ces. & De Not.) Lécuyer, политипического вида *Fomes fomentarius* (L.) Fr.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках проекта 20-44-660012, и РФФИ в рамках проекта 20-34-90054.

**Предварительные результаты изучения рода *Micropsalliota* (Agaricaceae) в Центральном и Южном Вьетнаме**Preliminary results of studying on *Micropsalliota* (Agaricaceae) in Central and South Vietnam

Иванова Д.Д.

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

krakatau1349@yandex.ru

Грибы рода *Micropsalliota* Höhn. (Agaricales, Basidiomycota) характеризуются эллипсоидными и миндалевидными спорами с апикальным утолщением без проростковой поры, бурыми в массе. Представители рода встречаются преимущественно в регионах с тропическим климатом, растут на почве и обычно имеют более или менее мелкие базидиомы, но у некоторых видов их размеры сопоставимы с таковыми у рода *Agaricus* L.

Целью исследования было выявить разнообразие рода в лесных экосистемах Центрального и Южного Вьетнама, для которого эта группа грибов еще не изучалась.

Материал для исследования был собран маршрутным методом на территории заповедников Контяранг и Донгнай, национальных парков Конкакин, Бузямап, Катъен, Йокдон и на острове Че. Определение видов проводилось посредством молекулярно-генетического и сравнительно-морфологического методов. Для выявления филогенетических линий по локусу ITS1-5.8S-ITS2 при помощи Байесовского анализа было построено филогенетическое дерево. Всего было изучено 22 образца.

В результате было выявлено 15 филогенетических линий, представляющих 15 видов рода *Micropsalliota*, среди которых семь определены до вида и отмечаются впервые для Вьетнама (*M. furfuracea* R.L. Zhao, Desjardin, Soyong & K.D. Hyde; *M. globocystis* Heinem.; *M. gracilis* Heinem.; *M. lateritia* Heinem.; *M. megarubescens* R.L. Zhao, Desjardin, Soyong & K.D. Hyde; *M. pseudoarginea* Heinem.; *M. rubrobrunnescens* R.L. Zhao, Desjardin, Soyong & K.D. Hyde), один (*M. albofelina* D.D. Ivanova & O.V. Mogofova) описан как новый, и ещё семь, вероятно, также являются новыми для науки. Составлены подробные описания видов. Наибольшее количество находок было отмечено для *M. globocystis*, *M.*

*megarubescens* и *M. gracilis*. Наибольшее видовое разнообразие было выявлено в низкогорных полулистопадных лесах национального парка Бузьямап (провинция Биньфыок, 5 видов) и на острове Че (провинция Кханьхоа, 4 вида).

### Редкие и малоизвестные виды трутовых грибов (Agaricomycetes, Basidiomycota) на территории плато Гуниб (Республика Дагестан)

Rare and little-known polypore species (Agaricomycetes, Basidiomycota) in the Gunib Plateau (Republic of Dagestan)

Иванушенко Ю.Ю.<sup>1</sup>, Волобуев С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
yuliya.ivanushenko@mail.ru, sergvolobuev@binran.ru

Плато Гуниб занимает северо-западную часть Внутригорного Дагестана и расположено на северо-востоке Большого Кавказа. Общая площадь плато около 14,7 км<sup>2</sup> (Urbanavichus, Ismailov, 2013). Северный склон плато занимают леса из *Pinus kochiana* и *Betula* spp. с примесью *Salix caprea*, *Populus tremula*, *Alnus incana* и др.

Сбор материала проводился в мае-июне и августе-октябре 2018–2021 гг. в ходе маршрутного обследования территории плато Гуниб. В ходе наших исследований выявлено 73 вида трутовых грибов из 43 родов и 7 порядков (Agaricomycetes, Basidiomycota) (Volobuev et al., 2021), при этом 11 видов оказались новыми для Кавказа.

Среди зарегистрированных нами видов редкими для Европы являются *Ceriporia torpida* Spirin & Miettinen, *Kneiffiella abdita* Riebesehl & Langer и *Sistotrema alboluteum* (Bourdot & Galzin) Bondartsev & Singer, они также известны по единичным находкам в России. Виды *K. abdita* и *S. alboluteum*, встречающиеся на мертвой древесине и мелкомерном опаде как хвойных, так и лиственных пород (Bernicchia, Gorjón, 2020), в районе исследования найдены на *P. kochiana*. Единственная находка *C. torpida* отмечена на *A. incana*.

Вид *Postia yanae* Miettinen & Kotir., ранее известный лишь из Восточной Сибири (Miettinen et al., 2018), выявлен в условиях плато Гуниб на валежной древесине *Pinus kochiana*. Также в старовозрастных сосновых лесах плато нами отмечены новые местонахождения вида *Auriporia aurulenta* A. David, Tortiç & Jelić, включенного в Красную книгу Республики Дагестан (2020).

Полученные новые сведения расширяют представления о распространении и экологии редких трутовых грибов, а также дополняют природоохранную значимость Гунибского плато в системе ООПТ региона.

### Динамика комплексов микроскопических грибов в процессе зарастания угольных отвалов в условиях Арктики

Dynamics of microscopic fungi complexes in the process of coal mine spoil tips overgrowth in the Arctic

Ильюшин В.А.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
ilva94@yandex.ru

Проблема загрязнения окружающей среды угледобывающей промышленностью становится все более актуальной. При добыче угля образуются породные отвалы, занимающие большие площади. Рекультивация нарушенных земель в суровых условиях Арктики является важной экологической проблемой.

Целью исследования было изучение динамики комплексов микромицетов угольных отвалов в процессе их зарастания в условиях Арктики.

Пробы породы отвалов разных возрастов были отобраны вблизи пос. Баренцбург (архипелаг Шпицберген, арктическая тундра), г. Воркута (Республика Коми, южная тундра) и г. Сусуман (Магаданская область, лесотундра). Чистые культуры выделяли на среде Чапека. Таксономическую принадлежность микромицетов определяли на основании культурально-морфологических признаков, а также с помощью молекулярных методов.

В результате проведенных исследований выявлено 119 видов микроскопических грибов, принадлежащих к 61 роду. 61 вид был выявлен на Шпицбергене, 40 – в Республике Коми, и 58 – в Магаданской области.



Видовое разнообразие комплексов микромицетов постепенно увеличивалось с возрастом отвалов во всех трех изученных природных зонах. В самых старых отвалах (43–50 лет) число видов приближалось к значениям, характерным для комплексов микромицетов в почвах плакорных растительных сообществ. Наблюдалось изменение удельного обилия видов. Во всех формируемых отвалах доминировал *Pseudogymnoascus pannorum* (Link) Minnis & D.L. Lindner, отмечена высокая доля микромицетов рода *Cladosporium* Link в молодых отвалах. Также постепенно росла численность грибов (КОЕ/г) с возрастом отвалов.

Полученные данные свидетельствуют об увеличении стабильности комплексов микроскопических грибов, происходящих в процессе сукцессии породных отвалов.

### **Видовое разнообразие дереворазрушающих грибов города Краснослободска Волгоградской области**

Species diversity of wood-destroying fungi in Krasnoslobodsk, Volgograd region

Кудренко М.Г., Курагина Н.С.

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

*kuragina23@mail.ru*

Город Краснослободск расположен в пределах природного парка «Волго-Ахтубинская пойма». Район исследования характеризуется особенными для аридного Юго-Востока европейской части России азонными и экстразонными растительными группировками и специфичным видовым составом древесно-кустарниковых насаждений.

Микологические обследования проводились в осенне-весенний период с 2020 по 2021 гг. маршрутным методом. В результате наших исследований было выявлено 72 вида дереворазрушающих грибов, относящихся к 50 родам, 27 семействам, 10 порядкам отдела *Basidiomycota*. В том числе, отмечен вид *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., включённый в Красные книги России (2008) и Волгоградской области (2017). На территории г. Краснослободска регулярно встречаются грибы из родов *Auricularia*, *Cellulariella*, *Cerioporus*, *Fistulina*, *Fomes*, *Hymenochaete*, *Laetiporus*, *Peniophora*, *Phanerochaete*, *Phlebia*, *Porostereum*, *Radulomyces*, *Schizophyllum*, *Stereum*, *Trametes*. Анализ субстратной приуроченности показал преобладание сапротрофов на валежной и сухостойной древесине лиственных деревьев. Наибольшее число грибов зафиксировано на *Quercus robur* L. (42 вида), *Populus nigra* L. (21) и *Fraxinus lanceolata* Borkh. (19).

Авторы выражают глубокую признательность Е.В. Горемыкиной и В.А. Сагалаеву (ВолГУ) за помощь в сборе грибов.

### **Дополнение к микобиоте интродуцентов Главного ботанического сада г. Алматы (Казахстан)**

Supplement to the mycobiota of the introducents of the Main Botanical Garden of Almaty (Kazakhstan)

Кызметова Л.А., Сыпабеккызы Г., Асылбек А.М., Рахимова Е.В., Айтымбет Ж., Урманов Г.А.

Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан

*lyzka79@mail.ru*

Изучение видового состава микобиоты ботанических садов является важным направлением исследований и представляет значительный теоретический интерес. При реализации программы OR12065492 «Эколого-интродукционный анализ коллекционных фондов Государственных ботанических садов и скрининг природной флоры для разработки научно-обоснованных рекомендаций по ассортименту растений для озеленения городов и населенных пунктов разных природных зон Казахстана» обнаружено 12 новых для территории ботанического сада видов грибов.

Из Dothideomycetes: *Camarosporium* sp. (Botryosphaerales) на *Swida alternifolia* (L.) Small; *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link (Capnodiales, Cladosporiaceae) на *Amorpha fruticosa* L.; на *Spiraea chamaedryfolia* L.; *Coniothyrium tamaricis* Oudem. (Pleosporales, Coniothyraceae) на *Tamarix florida* Bunge; *Dothichiza foveolaris* (Fr.) Petr. (Dothideales, Dothioraceae) на *Euonymus semenovii* Regel & Herder; *Leptosphaeria maculans* Ces. & De Not. (Pleosporales, Leptosphaeriaceae) на *Fraxinus excelsior* L.; *Mycosphaerella ebuli* (Richon) Tomilin (Capnodiales, Mycosphaerellaceae) на *Sambucus nigra* L.; *Torula antiqua* Corda (Pleosporales, Torulaceae) на *Syringa wolfii* C.K. Schneid.

Из Sordariomycetes: *Cytospora corni* Westend. (Diaporthales, Valsaceae) на *Swida alternifolia*; *C. intermedia* Sacc. на *Quercus rubra* L.; *C. tamaricella* Syd. & P. Syd. на *Tamarix florida*; *Nectria cinnabarina* (Tode) Fr. (Hypocreales, Nectriaceae) встречается на *Swida alternifolia*.

Из Pucciniomycetes: *Puccinia helianti-mollis* (Schwein.) H.S. Jacks. (Pucciniales, Pucciniaceae) на *Helianthus annuus* L.

Из приведенного списка 6 видов являются сапротрофами и 6 видов ведут паразитный образ жизни.

### **Микроскопические грибы древесных субстратов Арктики (на примере острова Хейса, архипелаг Земля Франца-Иосифа)**

Microscopic fungi of woody substrates in the Arctic (case study of Heiss Island, Franz Josef Land Archipelago)

Панькова И.Г.

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

*inna2008@nextmail.ru*

Микроскопические грибы способны адаптироваться и развиваться на различных субстратах в экстремальных условиях Арктики. Морфологическая и метаболическая пластичность позволяет грибам адаптироваться к различным экологическим условиям и развиваться как в наземной, так и в водной среде. Нами был определен видовой состав и таксономическое разнообразие комплексов микроскопических грибов на древесных субстратах (антропогенно-привнесенная древесина и плавник) в районе острова Хейса, архипелаг Земля Франца-Иосифа. Было выделено и идентифицировано 35 видов. Проведен сравнительный анализ комплексов микроскопических грибов на антропогенно-привнесенной древесине (16 видов) и плавнике (30 видов). Исследованы лигнинолитическая (40%) и амилазная активности (58%) у выделенных изолятов. Изучена зависимость формирования комплексов микроскопических грибов от древесной породы. Показано, что древесный субстрат в условиях Арктики активно заселяется микроскопическими грибами, обладающими способностью к деструкции древесины. Часть видов может переходить на деловую древесину в арктических поселениях, вызывая ее биодеструкцию.

### **Микроморфологические признаки и химические реакции апотециальных аскомицетов и их диагностическая роль в видовой идентификации**

Micromorphological characters and chemical reactions of apothecial ascomycetes and their diagnostic value for species identification

Погостина Д.Д.

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

*pogodarya@gmail.com*

Апотециальные аскомицеты (дискомицеты) – сборная нетаксономическая группа в отделе Ascomycota, выделяемая на основании типа плодового тела. В настоящее время это обширная группа, в которую входит 4 класса (без учета лихенизированных представителей), включающих множество трудно отличимых видов.

Для классификации грибов по таксонам различного ранга, идентификации различных групп и их ревизии необходимо четко понимать, какие признаки данных организмов пригодны для этого. Традиционно классификация и видовая идентификация дискомицетов была построена на макро- и микроморфологических признаках апотециев, однако недавние ревизии вынуждают пересмотреть диагностическую роль некоторых из них. Более того, известны нехарактерные для других групп грибов значительные изменения микроморфологических признаков у гербарного материала в сравнении со свежим, а также зависимость результатов стандартных химических реакций от способа их проведения. В силу известной неполноты представленности дискомицетов в публичных генетических базах данных и высокого количества ошибочных определений, необходимо накопление данных о морфологии и химических реакциях и коррекция методик идентификации.

Целью данной работы стало изучение изменчивости микроморфологических признаков и химических реакций апотециальных аскомицетов для оценки их роли в видовой идентификации. В анализ включены 54 образца, представляющих различные таксоны: 2 класса, 2 порядка, 9 семейств. Произведено сравнение традиционно используемых микроморфологических признаков у свежего и гербарного материала, а также поставлены реакции амилоидности с применением реактива Мельцера и раствора Люголя двух концентраций в чистом виде и с предварительной обработкой КОН. Первичные результаты показали преимущество использования реактива Мельцера, а также различную степень выраженности признаков у свежего и гербарного материала.

**Предварительные результаты исследования физических свойств биополимеров  
на основе мицелия ксилотрофных базидиомицетов**

Preliminary results on the study of the physical properties of biopolymers  
based on mycelium of xylophilic basidiomycetes

Попыванов Д.В., Широких А.А.

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Киров, Россия  
lfast@mail.ru

Широкий биотехнологический потенциал ксилотрофных грибов, активно используется, в основном, в целях производства лекарственных, косметических средств, пищевых компонентов. В то же время, значительно меньшее внимание уделено изучению возможности создания биоразлагаемых микополлимеров – аналогов традиционным пластикам на основе углеводородного сырья, близким по свойствам к строительным пенам.

Цель исследования – поиск перспективных видов ксилотрофных грибов для создания биокомпозитных материалов на основе растительных отходов и мицелия. В эксперименте использовано 11 ксилотрофных видов из порядков *Polyporales* и *Agaricales*, образующих однолетние и многолетние плодовые тела.

Исследована возможность создания микополлимерных композитов на основе 2 субстратов: 1 – опил осины *Populus tremula* с добавлением овса *Avena sativa* в соотношении 6:1; 2 – опил березы *Betula pendula* с добавлением ржи *Secale cereale* в соотношении 6:1. Гидратированный и стерилизованный субстрат инокулировался зерновым мицелием. После зарастания, полученный композит вновь измельчался и помещался в формы. Через 10 сут. образцы высушивались.

В результате получено 22 образца микополлимеров. Наименьшей механической прочностью характеризовались образцы на основе мицелия *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst., *Phellinus igniarius* (L.) Quél., *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél., *P. ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd, *T. pubescens* (Schumach.) Pilat, *T. versicolor* (L.) Lloyd. Данные виды образовывали микополлимеры, которые разрушались после высушивания, поэтому были исключены из дальнейших исследований.

Наибольшей прочностью характеризовались виды *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *G. lucidum* (Curtis) P. Karst., *Trametes ochracea* (Pers.) Gilb. & Ryvar den.

Запланированы исследования образцов на прочность на сжатие и теплопроводность.

Исследования выполнены при поддержке Фонда содействия инновациям по программе «УМНИК» договор № 16233ГУ/2021.

***Metatrachia vesparia*: умеренный эндемизм или ошибка выжившего?**

*Metatrachia vesparia*: moderate endemism or survival bias?

Приходько И.С.<sup>1</sup>, Бортникова Н.А.<sup>1,2</sup>, Гмошинский В.И.<sup>3</sup>, Новожилов Ю.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

hypnohotep@gmail.com, iprikhodko@binran.ru

Миксомицеты, или настоящие плазмодиальные слизевики, это крупная (около 1100 валидных видов) монофилетичная группа амебоидных грибообразных протистов, характеризующихся специфичным жизненным циклом и обнаруживаемых во всех наземных биомах за исключением арктических пустынь. Долгое время считалось, что распространение миксомицетов, как и других микроорганизмов с обширными ареалами, соответствует постулату «всё есть везде, но среда отбирает», однако это оказалось неприменимо к ряду морфологических видов.

В результате секвенирования фрагмента гена 18S рРНК (= SSU), полученного из образцов плодовых тел светлоспорового миксомицета *Metatrachia vesparia* (Batsch) Nann.-Bremek. ex G.W.Martin & Alexop., собранных неоднократно в лесах Вьетнама или выращенных в лаборатории на субстратах во влажных камерах, было обнаружено, что они отличаются от последовательностей из образцов, собранных в Европе и опубликованных в базе NCBI GenBank. Увеличение выборки образцов и включение в филогенетический анализ материала из разных регионов Евразии, показало, что данный космополитный вид формирует несколько клад, обособляемых на основании последовательности SSU, но не имеющих чётко очерченных ареалов. Попытка ввести в анализ близкие виды из родов *Metatrachia* Ing, *Oligonema* Rostaf. и *Trichia* Haller только усложнила картину, поскольку одно- и мультилокусная филогении указали на парафилетичность упомянутых таксонов. Необходимы дальнейшие детальные исследования молекулярной филогении

данных таксонов для прояснения взаимоотношений крупных эволюционных клад светлоспоровых миксомицетов.

**Рабочая группа Сибирского микологического общества по оцифровке литературных данных о находках грибов и миксомицетов на территории Западной Сибири**

Literature occurrence data mobilization working group of Siberian Mycological Society

Рудыкина Е.А.<sup>1</sup>, Добрынина А.С.<sup>1</sup>, Большаков С.Ю.<sup>1,2</sup>, Филиппова Н.В.<sup>1</sup>,

Рабочая группа оцифровки литературных данных СибМикО<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Список участников рабочей группы на сайте <https://sibmyco.org/literaturedatabase>

[filippova.courlee.nina@gmail.com](mailto:filippova.courlee.nina@gmail.com)

Оцифровка архивных данных о находках видов является глобальной целью для решения фундаментальных задач географии и экологии грибов и прикладных направлений охраны и природопользования. Литературные источники с опубликованными находками видов (аннотированные списки видов, чеклисты) являются важным источником данных, сопоставимым с информацией, хранящейся в коллекциях. Извлечением информации о видах из опубликованных работ занимаются крупные международные проекты (в том числе Plazi.org, Biodiversity Heritage Library и др.).

Целью настоящего проекта является оцифровка данных об упоминаниях находок видов в литературе с начала изучения региона до настоящего времени. В работе последовательно решаются следующие задачи: создание инициативной рабочей группы микологов и добровольцев для выполнения рутинных работ по оцифровке; составление библиографического списка микологических публикаций по территории Западной Сибири; создание электронной библиотеки полных текстов работ; разработка структуры базы данных в формате Darwin Core; извлечение находок из публикаций с заполнением информации о дате, месте, коллекторе, экологии и других параметров; геопривязка находок, где в публикациях нет сообщения координат; чистка и интеграция таблиц, подготовленных отдельными пользователями, в единый массив данных; публикация базы данных в открытом доступе в GBIF; протоколирование процесса оцифровки в базе метаданных.

На сегодня в списке литературных источников содержится около 1300 работ. Около 70% работ имеют полные тексты (сканы), что делает возможным дальнейшую работу по оцифровке данных этих источников. Всего в базу данных внесено около 300 публикаций, что составляет 23% от всего списка (еще около 100 публикаций не содержат сообщений о находках видов, таким образом на сегодня внесено в базу около трети всех потенциальных работ). С ресурсами проекта можно подробнее познакомиться на сайте рабочей группы (<https://sibmyco.org/literaturedatabase/>).

**Биоразнообразие и приуроченность к микроместообитаниям миксомицетов города Казани и его окрестностей**

Biodiversity and microhabitat confinement of myxomycetes of Kazan city and its environs

Садьков Р.Э., Потапов К.О.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

[rsadykov975@gmail.com](mailto:rsadykov975@gmail.com)

Миксомицеты – группа амебоидных организмов с большим набором адаптивных механизмов, позволяющих им занимать множество экологических ниш. В течение их жизненного цикла происходит смена физиотаксисов, а в экосистемах ими занята роль консументов – потребителей микроорганизмов. Эти особенности обуславливают экологическую характеристику каждого вида, частью которой является и приуроченность к микроместообитаниям.

Традиционная экологическая классификация миксомицетов включает в себя крупные группы, ассоциированные только с типом субстрата (например, листовая опад), но все больше данных говорит о связи видов с конкретным детерминантом. Такая тенденция хорошо заметна в области богатого фиторазнообразия зонального экотона, где и проводилось исследование. При этом последние данные о биоразнообразии миксомицетов на территории Республики Татарстан (РТ) относятся к 19 веку и сейчас номенклатурно устарели. Целью работы стало установление видового разнообразия миксомицетов г. Казани и его окрестностей и выявление экологических групп по отношению к микроместообитанию.



Отбор полевого материала проводился с мая 2020 по ноябрь 2021 г. на территории лесных и заболоченных экосистем г. Казани и окрестностей маршрутно-площадным методом. Спороношения помещались в коробки для миксомицетов с указанием даты, географического положения, координат, биотопа и субстрата. Субстрат для культивации отбирался в бумажные конверты. Культивацию проводили в чашках Петри методом «влажных камер». Классификацию миксомицетов по фактору микроместообитаний осуществляли методом иерархической кластеризации с помощью скрипта на языке R.

В результате, на исследуемой территории были обнаружены представители 86 видов из 10 семейств: 74 в полевых сборах, 13 во «влажных камерах»; 49 видов являются новыми для РТ. Таксономические доминанты представлены родами *Arcyria* (13), *Physarum* (11), *Trichia* (10), *Cribraria* (8) и *Comatricha* (6). Определено 8 основных групп по микроместообитаниям: магналигнифильные лиственные (34 характерных вида), гигромагналигнифильные лиственные (2), магналигнифильные хвойные (27), парвалигнифильные хвойные (4), фолиофильные (1), кортициофильные лиственные (2), бриофильные лиственные и бриофильные хвойные (нет характерных видов).

### Энтомопатогенные грибы семейства *Entomophthoraceae* в Микологическом гербарии БИН РАН

Entomopathogenic fungi of the family *Entomophthoraceae* in the Mycological Herbarium of the Komarov Botanical Institute RAS

Самойлова Е.В., Паломоных Е.А.

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

*elizavetasamojlova@gmail.com*

Энтомопатогенные грибы – нетаксономическая группа грибов, поражающая насекомых. Их изучение обеспечивает лучшее понимание взаимоотношений грибов и насекомых, помогает при разработке биологических методов борьбы с насекомыми-вредителями.

В докладе мы попытались систематизировать имеющиеся данные: определить видовое разнообразие коллекции и географию сбора образцов энтомопатогенных грибов семейства *Entomophthoraceae*, хранящихся в Микологическом гербарии БИН РАН (LE).

Образцы грибов семейства *Entomophthoraceae* весьма немногочисленны и представлены в LE немногим меньше чем полусотней образцов из таких родов, как: *Entomophthora* Fresen., *Tarichium* Cohn, *Zoophthora* A. Watko и *Empusa* Cohn. Материалы были собраны в следующих странах (по убыванию числа образцов): Россия (современные сборы представлены двумя образцами *Zoophthora ichneumonis* Bałazy и *Z. plecopteri* (Descals & J. Webster) Bałazy из заповедника «Калужские Засеки», собранные в 2008 г. и определенные Б.А. Борисовым), США, а также в ряде других стран. Типовой материал представлен *Empusa gastropachae* Rasch. и *Tarichium pallidum* Roiv. Коллекция энтомофторовых грибов пополнялась с перерывами во времени и активно в период с 1890-х по 1930-е гг. сборами В.А. Траншеля, Ф.В. Бухгольца и Р. Тэкстера.

Несмотря на распространенность энтомопатогенных грибов семейства *Entomophthoraceae*, в большинстве регионов России они почти не изучались, необходима инвентаризация их видового разнообразия.

### Видовое разнообразие грибов города Волжский

Species diversity of fungi in the city of Volzhskiy

Тихонова Ю.А., Курагина Н.С.

Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

*kuragina23@mail.ru*

Город Волжский расположен в 20 км северо-восточнее Волгограда, на левом берегу реки Волги и у начала её левого рукава, реки Ахтубы. Волжский является крупным промышленным центром Нижнего Поволжья и занимает второе место среди городов Волгоградской области по численности населения.

Район исследования в микологическом отношении до настоящего времени являлся малоизученным. Существуют лишь некоторые сведения о 12 видах грибов, найденных А.М. Веденевым и О.Н. Гончаровой. Сбор материала осуществлялся с 2020 по 2021 гг. маршрутным методом. Нами были использованы стандартные методы гербаризации и определения собранных видов.

Согласно анализу литературных данных и собственных микологических исследований удалось выявить на территории г. Волжского 51 вид грибов, относящихся к 7 порядкам, 25 семействам и 43 родам

(современные названия видов приведены в соответствии с базой данных Index Fungorum на январь 2022 г.). Лидирующими по числу видов порядками являются *Agaricales* (39% видов), *Polyporales* (31%) и *Hymenochaetales* (14%), а среди семейств – *Polyporaceae* (14%) и *Agaricaceae*, *Hymenochaetaceae* и *Meruliaceae* (по 8%). Наибольшее количество видов содержит род *Agaricus* (3 вида).

Регулярно встречаются на территории г. Волжского *Auricularia mesenterica* (Dicks.) Pers., *Cellulariella warnieri* (Durieu et Mont.) Zmitr. et Malysheva, *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Porostereum spadiceum* (Pers.) Hjortstam et Ryvarden, *Radulomyces confluens* (Fr.) M.P. Christ., *Sarcodontia spumea* (Sowerby) Spirin, *Schizophyllum commune* Fr., *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer.

Согласно трофическому анализу, все найденные виды грибов относятся к гумусовым и подстилочным сапротрофам, ксилосапротрофам и ксилопаразитам. По видовому богатству лидируют ксилосапротрофы.

### **Разработка и апробация праймеров для идентификации возбудителя антракноза зерновых *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W. Wilson**

Development and testing of primers for identification of the causative agent of cereal anthracnose

*Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W. Wilson

Уварова Д.А.<sup>1</sup>, Цветкова Ю.В.<sup>1,2</sup>, Лопаткин А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский центр карантина растений, Раменское, Московская область, Россия;

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

<sup>3</sup>ООО ParsegLab, Москва, Россия

darya.uvarova.93@mail.ru

Возбудитель антракноза зерновых *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W. Wilson является распространенным фитопатогеном, поражающим ряд зерновых культур, но особый вред наносит кукурузе. Данный гриб имеет особое фитосанитарное значение для ряда стран-импортеров, его наличие в продукции оказывает влияние на экспортный потенциал зернопромышленной отрасли сельского хозяйства РФ.

В настоящее время диагностика возбудителя антракноза зерновых осуществляется классическими методами или молекулярно-генетическим методом с универсальными праймерами с последующим секвенированием, что значительно увеличивает время проведения диагностических исследований. Цель работы заключалась в разработке специфичной тест-системы, позволяющей идентифицировать *C. graminicola* при исследовании вегетативных частей растений и зерновой продукции.

В ходе работы нами было установлено, что возбудитель антракноза овса *C. cereale* Manns по морфологическим признакам сходен с *C. graminicola*. Проведен сравнительный анализ полученных последовательностей участков генов *C. cereale* с аналогичными участками генов вида *C. graminicola*. Показано, что локусы  $\beta$ -Tub, SSU, CHS-1, TEF, ITS не являются достаточно специфичными для разработки тест-системы. Установлено, что участки, подходящие для посадки праймеров, локализованы на последовательности гена SOD2. На основании выбранного гена были подобраны 13 видоспецифичных праймеров. После апробации были определены две пары праймеров – Sglo-1F/ Sglo-3R (290 п.о.) для «классической» ПЦР и S-2F / S-3R (100 п.о.) для ПЦР-РВ с интеркалирующим красителем – для проведения лабораторной диагностики возбудителя антракноза зерновых.

### **Результаты изучения видового состава грибов рода *Colletotrichum* в посевах сои отдельных регионов России**

Study results of species composition of *Colletotrichum* spp. fungi in soybean plantations in some regions of Russia

Цветкова Ю.В.<sup>1,2</sup>, Хрипко И.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский центр карантина растений, Раменское, Московская область, Россия;

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

yutka@mail.ru

Возделывание сои является одним из приоритетных направлений развития АПК в 46 субъектах РФ: соя выращивается на площади 2,8 млн га при валовом сборе зерна 4,35 млн т. В производственных посевах не всегда проводится видовая идентификация патогенных и условно-патогенных грибов, часто оценивают только заболевание, например, антракноз, возбудителем которого являются грибы рода *Colletotrichum*

Corda. Вместе с тем большинство фитосанитарных обследований с детальным изучением микобиоты проводилось более 30 лет назад.

В ходе обследования полей сои Алтайского и Приморского краев в 2021 г. было получено 239 изолятов. Для выделения грибов из растительного материала использовали стандартные биологические методы: закладка образцов во влажную камеру и на агаризованную питательную среду.

Наряду с наиболее встречающимися грибами из родов *Alternaria* и *Fusarium* было получено 15 изолятов рода *Colletotrichum*, что составило 6,3%.

Видовую идентификацию проводили по культурально-морфологическим и генетическим признакам (участок ITS1–5.8S–ITS2 рДНК). Для грибов рода *Colletotrichum* также были получены последовательности участков генов бета-тубулина ( $\beta$ -Tub), актина (ACT), глицеральдегид-3-фосфат-дегидрогеназы (GAPDH).

Несмотря на то, что наиболее распространенным возбудителем антракноза в посевах сои является *C. truncatum* (Schwein.) Andrus & W.D. Moore, в данном исследовании этот вид обнаружен не был.

По результатам анализа топологии дендрограмм полученные изоляты *Colletotrichum* были отнесены к двум видам: *C. incanum* H.C. Yang, Haudensh. & G.L. Hartm. и *C. lineola* Corda. *C. incanum* относится к комплексу видов *C. spaethianum* (Allesch.) Damm, P.F. Cannon & Crous и хорошо дифференцируется в отдельный кластер по всем изученным участкам, за исключением внутреннего транскрибируемого спейсера. В России на растениях сои данный вид ранее не отмечался. *C. lineola* четко кластеризуется только по участку гена GAPDH. По остальным исследуемым локусам данный вид образует смежную группу с близкородственным *C. dematium* (Pers.) Grove.

#### **Антагонистический потенциал *Lecanicillium*-подобных грибов и выделяемых ими летучих органических соединений**

Antagonistic potential of *Lecanicillium*-like fungi and their volatile organic compounds

Черепанова М.А., Чоглокова А.А., Митина Г.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

*4oglik@inbox.ru*

*Lecanicillium*-подобные энтомопатогенные грибы (ЭГ) вызывают природные эпизоотии членистоногих и применяются для борьбы с фитофагами в теплицах. Эти грибы проявляют антагонистические свойства в отношении фитопатогенов, что может быть использовано в комплексной защите растений.

Летучие органические соединения (ЛОС), выделяемые ЭГ родов *Lecanicillium* и *Akanthomyces*, влияют на поведенческие реакции насекомых. По литературным данным ЛОС грибов могут ингибировать развитие других микроорганизмов.

В работе изучен антагонистический потенциал семи новых изолятов из Коллекции патогенных микроорганизмов Всероссийского института защиты растений (WFCC WDCM №760, УНО), выделенных из насекомых и ржавчинных грибов, и оценено влияние ЛОС, выделяемых этими изолятами в отношении отдельных фитопатогенов.

Антагонистическая активность изолятов была различной. При совместном выращивании с фитопатогенами штаммы Ak 1 (*Akanthomyces lecanii* (Zimm.) Spatafora, Kepler & B. Shrestha) и Ak 5 (*Simplicillium lamellicola* (F.E.V. Sm.) Zare & W. Gams) наиболее активно подавляли *Botrytis cinerea* Pers., возбудителя серой гнили, а штаммы Ak 2 (*A. lecanii*) и Ak 6 (*A. sp.*) были более активны в отношении *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* (McCulloch 1911) Young et al. 1978, вызывающей бактериальную пятнистость капусты. Штамм Ak 3 (*A. lecanii*) был активен в отношении и фитопатогенных грибов, и бактерий. Штаммы Ak 6, Ak 9 (*A. muscarius* (Petch) Spatafora, Kepler & B. Shrestha) и Ak 13 (*Flavocillium bifurcatum* H. Yu, Y.B. Wang, Y. Wang, Q. Fan & Zhu L. Yang) выделяли в среду фиолетовый пигмент в зоне лизиса *Fusarium culmorum* (Wm.G. Sm.) Sacc. и *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn.

Методом перевернутых чашек выявлено фунгицидное действие ЛОС ЭГ в отношении двух видов фитопатогенных грибов. Штаммы Ak 2, Ak 5 и Ak 9 угнетали рост колоний *F. culmorum*, возбудителя фузариоза злаковых, на 21,9%, 29,7% и 23,4%, соответственно, а штаммы Ak 3, Ak 6, Ak 9 и Ak 13 ингибировали развитие колоний *R. solani*, возбудителя корневых гнилей, на 18–35%. Наибольшая фунгицидная активность обнаружена у ЛОС штамма Ak 13.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-016-00241.

**Гербарные образцы лишайников с территории России в коллекции  
Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси**

Herbarium samples of lichens from the territory of Russia in the collection of the V.F. Kuprevich Institute of  
Experimental Botany

Яцына А.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь;

<sup>2</sup>Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
*lihenologs84@mail.ru*

По предварительной инвентаризации коллекция лишайников MSK-L содержит 411 родов и 1735 видов лишайников и близкородственных им грибов. В коллекции хранится: 1670 видов лишайников, 35 видов лихенофильных и 30 видов нелихенизированных грибов. Виды в коллекции представлены из 7 континентов: Европа – 1185 видов, Азия – 628, Северная Америка – 375, Антарктида – 86, Австралия – 85, Африка – 25 и Южная Америка – 7. Виды и образцы в коллекции отмечены из 60 стран мира, наибольшее число видов представлено из Беларуси – 647, России – 617, Финляндии – 436, США – 334, Польши – 178. В коллекции насчитывается около 8,5 тыс. гербарных пакетов, собранных на территории России. В Европейской части России представлено 335 видов, которые отмечены из 38 административных регионов России. Области: Архангельская – 61 вид, Астраханская – 13, Брянская – 63, Владимирская – 3, Волгоградская – 11, Вологодская – 3, Воронежская – 6, Калининградская – 3, Калужская – 1, Костромская – 2, Ленинградская – 58, Липецкая – 2, Московская – 24, Мурманская – 55, Новгородская – 9, Оренбургская – 3, Пензенская – 65, Рязанская – 1, Самарская – 13, Саратовская – 22, Смоленская – 7, Тамбовская – 1, Тверская – 29, Ульяновская – 2, Челябинская – 37. Края: Краснодарский – 25, Ставропольский – 33, Пермский – 5. Республики: Адыгея – 4, Башкортостан – 135, Карачаево-Черкесия – 55, Карелия – 7, Коми – 82, Крым – 47, Мордовия – 1, Северная Осетия – 2, Татарстан – 33, Чувашия – 1. В азиатской части России отмечено 480 видов, которые представлены из 21 административного региона. Области: Амурская – 11 видов, Иркутская – 43, Кемеровская – 4, Курганская – 1, Магаданская – 57, Новосибирская – 6, Сахалинская – 94, Свердловская – 83, Томская – 30, Тюменская – 84. Края: Алтайский – 7, Забайкальский – 128, Камчатский – 63, Красноярский – 29, Приморский – 154, Хабаровский – 60. Республики: Бурятия – 28, Тыва – 2, Хакасия – 1, Якутия – 131 и Чукотский автономный округ – 5 видов. Основными коллекторами гербарных образцов из России являются: Е. Штукенберг, В.П. Савич, Н.Г. Шафеев, В.Н. Ворошилов, Л.Н. Васильева, П.Л. Горчаковский, В.Б. Куваев, Л.А. Конорева, С.В. Чесноков, Е.В. Желудева. В коллекции известно около 60 фамилий коллекторов, чьи гербарные образцы собраны в России.



**Смена флоры вблизи мел-палеогеновой границы на Северо-Востоке России**  
Floristic changes near the Cretaceous–Paleogene boundary in the North East of Russia

Золина А.А.

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

Северо-Восток России является одним из немногих регионов в мире, где хорошо представлены континентальные отложения, содержащих многочисленные остатки растений конца мела и начала палеогена, на рубеже которых произошел один из крупнейших глобальных экологических кризисов в истории Земли.

Материалом для данного исследования являются пять ископаемых флор, известных с территории Северо-Востока России: позднемаастрихтские каканаутская, горнореченская и корякская флоры, а также позднемаастрихт-датские рарыткинская и тэмлянская флоры.

Для флор конца мела и начала палеогена отмечена высокая общность систематического состава на родовом уровне. В составе рассматриваемых флор было выявлено 8 реликтовых раннемеловых реликтовых родов, большинство из которых установлено в составе позднемаастрихт-датской тэмлянкой флоры. В составе всех пяти рассматриваемых флор отмечено присутствие семейства березовые. В каканаутской и рарыткинской флорах также представлены ранние буковые. Таким образом типично кайнозойские семейства начали появляться во флорах Северо-Востока России еще в конце мелового периода.

С помощью CLAMP-анализа основанного на связи морфологии листьев древесных двудольных с основными климатическими параметрами были рассчитаны климатические показатели для каканаутской, горнореченской, корякской и рарыткинской флор. Установлено, что изучаемые флоры формировались в условиях умеренного гумидного морского климата без выраженного засушливого периода в холодное время года. На основе анализа палеоботанических данных прослежено понижение температуры, имевшее место в конце позднего маастрихта.

В ходе исследований было показано, что резких смен флористического состава на Северо-Востоке России вблизи границы мела и палеогена не происходило.

*Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90170.*

**Новые данные о позднедевонском растении *Cladoxylon tanaiticum* S. Snig.**

New data on late-devonian *Cladoxylon tanaiticum* S. Snig.

Любарова А.П.<sup>1</sup>, Снигиревский С.М.<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

lyubarova.anna@gmail.com

Кладоксилеевые (*Cladoxyllopsida*) – вымершая группа растений, представители которой известны из отложений от среднего девона до нижнего карбона. Их таксономическое положение до конца не определено. В разное время они рассматривались в составе папоротников, членистостебельных и семенных растений (Тахтаджян, 1956, 1986; Doyle, 1998; Berry and Stein, 2000; Cordi and Stein, 2005). Б. Мейер-Берто (2007) рассматривает кладоксилеевые как не-монофилетический таксон, включающий *Pseudosporochnales* и ряд родов под общим названием «непсевдоспорохниеиные кладоксилепсиды», имеющие неопределенные родственные связи, без учета *Iridopteridales*.

Здесь мы приводим новые данные о *Cladoxylon tanaiticum* S. Snig. – виде кладоксилеевых растений, происходящем из фаменских отложений с территории Донецкого бассейна, из типового местонахождения древесин рода *Callixylon* (лев. бер. р. Мокрая Волноваха, верховья балки Залесского) (Снигиревский, 1992).

В процессе исследования были сделаны дополнительные препараты из типового материала *C. tanaiticum* (№1178/16 БИН РАН), позволившие дополнить анатомическую характеристику вида.

Фрагмент окремненного стебля содержит сохранившуюся анатомическую структуру: множество меристел, окруженных изодиаметрическими клетками паренхимы; фрагменты флоэмной ткани вокруг некоторых проводящих пучков; фрагменты коры, составленные неравномерно утолщенными клетками колленхимы; тонкостенные клетки, окружающие элементы ксилемы, интерпретируемые нами, как клетки перидермы; фрагменты веточных следов; участки ветвления, сложенные клетками вторичной ксилемы.

## СИСТЕМАТИКА И ФИЛОГЕНИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Endemic *Salvia* L. (Lamiaceae) species in the Western Pamir-Alay

Turdiboev O.

Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

turdiboyev.obidjon@mail.ru

Geographically several ranges Zarafshan, Hissar with Baysun and Kugitang spurs belongs to Western Pamir-Alay. Flora of this region is rich and original and there are three endemic genera here: *Komarovia* Korovin (*K. anisosperma* Korovin), *Sphaerosciadium* Pimenov & Kljuykov (*Sph. danaense* Pimenov & Kljuykov), *Calispepla* Vved. (*C. aegacanthoides* Vved.).

Genus *Salvia* L. is the largest one in the Middle Asiatic Lamiaceae, and consists of 35 species, 20 of them are endemic to this region. Recently, taxonomical and coenopopulation studies have been performed on *Salvia* species.

During literature review and taxonomical revision in AA, E, G, B, P, MW, TASH, as well as field studies (2018–2021) revealed that the following species are endemic in the Western Pamir-Alay was compiled. *Salvia baldshuanica* Lipsky (Locus classicus: Baldschuan.), *Salvia campylodonta* Botsch. (L. cl.: Southern Tajikistan. Mount Sebestan), *Salvia gontscharowii* Kudr. (L. cl.: River valley Vakhsh), *Salvia insignis* Kudr. (L. cl.: Babatag), *Salvia kamelinii* Makhm. (L. cl.: Eastern slope of the Vakhsh ridge), *Salvia lilacinocoerulea* Nevski (L. cl.: Kugitang).

In 2019, a global analysis of modern plant extinction was conducted (Humphreys et al., 2019) and 600 species have been declared extinct. These extinct species included the Western Pamir-Alay endemic *Salvia gontscharovii* Kudr.

A further in-depth morphological and geographical revision of *Salvia* species from Middle Asia is needed. Research is needed to identify species conservation areas.

### Идентификация видов *Picea*, произрастающих на территории Киргизской Республики, при помощи морфометрии зрелых шишек, их чешуй и полиморфизма митохондриального гена *nad1 b/c*

Identification of *Picea* species native to the Kyrgyz Republic by morphometry of mature cones, their scales and *nad1 b/c* mitochondrial gene polymorphism

Андреев А.Е.<sup>1</sup>, Чустрак И.С.<sup>2</sup>, Орлова Л.В.<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

В ходе проводимой ревизии таксономического состава рода *Picea* на территории Киргизской Республики изучены хвоя и шишки, собранные в сентябре-октябре 2014 г. с 9 пробных площадей (ПП) в Иссык-Кульской (ПП1–3), Чуйской (ПП4–5) и Джалал-Абадской областях (ПП6–9). Также в Гербарии БИН РАН (LE) проведено сравнительно-морфологическое изучение гербарных образцов *Picea schrenkiana* Fisch. & С.А. Меу. и близких таксонов (*P. tianschanica* Rupr., *P. prostrata* Isakov и *P. robertii* Vipper), в том числе и их типовых образцов.

Согласно результатам морфологического анализа, на ПП1–2 более 70% составляют ели с голубой хвоей и широкой конусовидной кроной, близкие представителям секции *Asperatae*. Около 30% на ПП1–2, а также на всех ПП3–5 составляет *Picea schrenkiana*. На ПП6–9 произрастают ели, идентифицированные как *P. robertii* Vipper.

В дальнейшем была проведена морфометрия зрелых шишек, а также их семенных и кроющих чешуй, и осуществлены молекулярно-генетические исследования. Параметры морфометрии, включающие в себя длину и ширину шишек и их чешуй, число парастих в шишке, коэффициенты сужения (Cn) и вытянутости (Cp) семенных чешуй, измерялись при помощи программного обеспечения Fiji (2.1.0). Дальнейшие статистические расчеты осуществлялись в Python (3.8.2) при помощи пакетов numpy, pandas и matplotlib. Молекулярно-генетическое исследование заключалось в секвенировании 2 интрона гена *nad1* у исследуемых образцов.

Построена схема кластерного распределения образцов, полученных с 1, 3, 4, и 9 пробных площадей. По результатам молекулярного анализа в гене *nad1 b/c* был обнаружен однонуклеотидный полиморфизм (G/T). По данным секвенирования построено филогенетическое дерево.

Сопоставление данных морфометрического и молекулярного анализа исследованных образцов позволяет сделать вывод о том, что на территории Кыргызской Республики произрастают 3 близких таксона – *Picea schrenkiana*, *P. robertii* и *P. schrenkiana* × *P. crassifolia* Kom.; последние два таксона, очевидно, гибридного происхождения.

#### **Аннотация тандемных повторов в геномах семейства Brassicaceae**

Tandem repeats annotation in Brassicaceae genomes

Коптелова Е.И.<sup>1</sup>, Данилов Л.Г.<sup>1</sup>, Комиссаров А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Международный научный центр SCAMT, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

*katerina.i.koptelova@gmail.com*

Brassicaceae (капустные, крестоцветные или семейство горчицы) – крупное семейство сосудистых растений, насчитывающее около 338 родов и более 3700 видов, распространенных по всему миру. Семейство включает в себя важные сельскохозяйственные культуры, декоративные растения и растения, обладающие фармацевтическими свойствами. Виды Brassicaceae интересны для исследований эволюции геномов и механизмов регуляции пола у растений.

Несмотря на то, что геномы семейства в целом не очень большие, они содержат ДНК повторы, среди которых особняком стоит самое загадочное семейство – больших тандемных повторов (сателлитная ДНК). Считается, что именно эти повторы являются наиболее видоспецифичными, и их изучение может помочь ответить на вопросы эволюции геномов и видообразования. Эти повторы могут занимать до 5% генома и главным образом располагаются в центромерных, перицентромерных и прителомерных областях хромосом. И за редким исключением являются причиной того, что эти районы сложно собрать при сборке генома.

Для анализа этих повторов мы провели поиск тандемных повторов в 75 публично доступных геномах Brassicaceae с последующей классификацией на основе как сходства последовательностей, так и сходства в длине мономера, варибельности мономеров внутри поля тандемного повтора и GC-состава. В исследованных геномах мы обнаружили 6,616,662 различных тандемных повторов. Среди найденных тандемных повторов мы отобрали только те, которые были длиннее 1000 нуклеотидов. Таких повторов оказалось 1,039,285 полей. Затем из них были отобраны повторы длиннее 3000 нуклеотидов, таких найдено 54,069. Для того, чтобы отфильтровать тандемно расположенные диспергированные повторы или просто дублированные регионы, мы отобрали только те повторы, у которых минимум десять мономеров располагаются тандемно (голова к хвосту), формируя поле тандемного повтора, всего таких повторов осталось 29,919. Для этих повторов была проведена аннотация, включающая в себе предсказание локализации на собранном геноме, оценка видоспецифичности, похожесть на ранее известные последовательности и предсказание наличия CENP-B бокса, которые является маркером истинно центромерных сателлитных ДНК.

#### **Наследование таксономически значимых признаков и скороспелости**

**у ди-, тетра- и гексаплоидных видов пшениц**

Inheritance of taxonomically significant traits and precocity in di-, tetra- and hexaploid wheat species

Кручинина Ю.В.<sup>1,2</sup>, Чепурнов Г.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Курчатовский геномный центр Института цитологии и генетики СО РАН, Москва, Россия

*kruchinina2014@ngs.ru*

Структура (морфология) колоса – важнейшая характеристика злаков, связанная с их хозяйственно важными качествами. Важной задачей в генетических и селекционных экспериментах является быстрая и точная оценка параметров растений – их фенотипирование. Эффективность автоматизированного фенотипирования видов пшениц по признакам морфологии колосьев можно повысить за счет внедрения IT технологий анализа цифровых изображений, использования алгоритмов машинного обучения для анализа полученной информации.

Цель исследования – выявление наследования таксономически значимых (классификационных) признаков у ди-, тетра- и гексаплоидных видов пшениц, для построения базы данных (БД).

В качестве материала использована пшеница разной ploidy. Проведена гибридизация тетраплоидных пшениц и получены гибридные формы  $F_1$ .

В БД были введены следующие признаки изученных видов: спельтоидность, компактность, круглозёрность и ветвистоколось, а также наличие остей. Информация послужила основанием для разработки нового этапа создания нейронной сети. Предложен алгоритм идентификации колоса на двумерном изображении, полученным стандартным протоколом. Предложен подход для количественного описания формы колоса как с использованием интегральных характеристик (длина и ширина колоса, его округлость), так и на основе параметров трех моделей. Для описания формы колоса предложено несколько подходов: модели сечений, четырехугольников, радиальная модель. Параметры этих моделей были использованы для предсказания плотности колоса и его типа (спельтоидного, нормы и компактного) методами машинного обучения.

В результате, полученная информация о морфометрических характеристиках колоса, может быть применена в высокопроизводительном, автоматизированном фенотипировании, а также в селекционных, генетических экспериментах и таксономии.

*Работа поддержана грантом РФФ 22-16-20026.*

### **Интегративное исследование *Calypogeia* (Marchantiophyta) выявило скрытое таксономическое разнообразие в притихоокеанской Азии**

An integrative study of *Calypogeia* (Marchantiophyta) revealed hidden taxonomic diversity in Pacific Asia

Мальцева Ю.Д.<sup>1</sup>, Бакалин В.А.<sup>1</sup>, Троицкий А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, Россия;

<sup>2</sup>НИИ Физико-химической биологии имени А.Н. Белозёрского МГУ, Москва, Россия

*maltseva.yu.dm@gmail.com*

*Calypogeia* – один из таксономически сложных родов притихоокеанской Азии, насчитывающий около 60 видов. Виды рода сложно дифференцировать классическими методами, поскольку важнейшими морфологическими признаками являются форма, размер и окраска масляных телец, которые быстро разрушаются, даже при обеспечении оптимальных условий хранения. Молекулярная филогения ранее была реконструирована только для некоторых групп рода.

Задачей работы было исследование таксономического состава рода в притихоокеанской Азии. Для проведения молекулярно-генетического анализа, мы использовали только образцы, для которых были известны характеристики масляных телец.

В результате проведённой работы был составлен крупнейший из известных набор данных для рода и фактически получена ревизия *Calypogeia*, распространённых в притихоокеанской Азии, за исключением трёх таксонов, известных только из Японии.

Для составления филогенетических реконструкций были получены нуклеотидные последовательности по 2-м участкам хлоропластного генома (*trnG*-intron и *trnL*-F) и одному ядерному (ITS2). Полученные филогенетические деревья оказались не конгруэнтны, поэтому за основу было взято дерево *trnG*, топология которого коррелировала с морфологическими различиями между образцами.

Филогенетический анализ показал, что несколько видов необходимо описать как новые для науки, а анализ генетических расстояний выявил значительную дистанцию между родом *Calypogeia* и кладой, составленной видами, ранее включавшимися в тот же род и которая на филогенетическом древе имеет сестринское ему положение. Эта клада выделена нами в новый для науки род *Asperifolia*.

Работа является только первым шагом в познании рода *Calypogeia* в притихоокеанской Азии с использованием интегративного подхода.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 20-54-54002.*

### **Секция *Recurvata* (Knuth) Novosselova (*Geranium*, Geraniaceae): основные диагностические признаки и особенности распространения в Азиатской России**

Section *Recurvata* (Knuth) Novosselova (*Geranium*, Geraniaceae): main diagnostic signs and distribution features in Asian Russia

Трошкина В.И.

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

*vitroshkina@csbg.nsc.ru*

Секция *Recurvata* (Knuth) Novosselova (*Geranium* L., Geraniaceae Juss.) в пределах Азиатской России содержит 6 видов, объединенных в 2 подсекции: subsect. *Recurvata* Knuth (*G. pratense* L., *G. sergievskajae* (Peschkova) Troshkina, *G. affine* Ledeb., *G. transbaicalicum* Serg., *G. transbaicalicum* subsp. *turczaninovii*



(Serg.) Peschkova) и subsect. *Collina* Knuth. (*G. collinum* Steph. ex Willd. с двумя разновидностями – *G. collinum* var. *glandulosum* Ledeb. и *G. collinum* var. *eglandulosum* Ledeb.) (Бобров, 1949; Пешкова, 1996; Цыренова, 2007; Трошкина, 2019). Диагностические признаки секции: лепестки 15–25 мм дл., 5–7-дольные листовые пластинки, пыльцевые зерна размером 68–111×65–108 мкм. Диагностические признаки subsect. *Recurvata*: широко раскрытый венчик, лиловый или белый; чашелистики длиной 7–12 мм; листовая пластинка нижних стеблевых листьев 6–16 см шир.; пыльцевые зерна с 2–5 притупленными продольными верхушками на головках, между которыми есть поперечные полосы и/или бугорки. Диагностические признаки subsect. *Collina*: ширококолокольчатый венчик, от розового до лилового, редко – альбиносы; чашелистики длиной 6–8 мм; листовая пластинка нижних стеблевых листьев 3–9 см шир.; пыльцевые зерна с 2–5 притупленными продольными верхушками с бугорчатой поверхностью без поперечных полос, реже – с поперечными полосами. В основе выделения групп и типов ареала использованы работы А.Л. Тахтаджяна (1987), Р.В. Камелина (2002, 2004, 2005). Виды циркумбореальной хорологической группы. *G. pratense* – вид с собственно палеарктическим ареалом. Сибирский тип ареала имеет *G. sergievskajae*. Алтае-джунгарский тип ареала характерен для *G. affine*, который является субэндемиком Алтайской горной страны. Вид и подвид восточноазиатской хорологической группы. Южносибирско-восточноазиатский тип ареала: *G. transbaicalicum* и *G. transbaicalicum* subsp. *turczaninovii* (субэндемик Сибири). Вид древнесредиземноморской хорологической группы. Евро-древнесредиземноморский тип ареала характерен для *G. collinum*.

### Клеточная Т-ДНК в роде *Nicotiana*

Cellular T-DNA of the genus *Nicotiana*

Хафизова Г.В.<sup>1,2</sup>, Матвеева Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

[galina.khafizova@gmail.com](mailto:galina.khafizova@gmail.com)

Клеточная Т-ДНК (клТ-ДНК) представляет собой последовательности, гомологичные Т-ДНК агробактерий, полученные растениями в результате горизонтального переноса генов. Впервые клТ-ДНК была обнаружена в геноме *Nicotiana glauca* в 1983 году, с тех пор список природных ГМО в роде *Nicotiana* расширился до 16. Внутри данного рода выделяют 3 подрода: *Tabacum*, *Petunioides* и *Rustica*, внутри каждого из которых описаны клТ-ДНК-содержащие виды. Наиболее хорошо изученными являются представители подрода *Tabacum* – *N. tomentosiformis*, *N. tabacum* и *N. otophora*. Для данных видов известно количество клТ-ДНК в геноме и их состав, показаны примеры множественных актов агротрансформации в истории вида, передача клТ-ДНК в процессе видообразования и элиминация ее из генома растения полностью, либо частично. Виды подрода *Petunioides* – *N. noctiflora* и *N. glauca* – изучены не так хорошо. Мы отсековировали и собрали геномы *N. noctiflora* и *N. glauca*, оценили количество и состав клТ-ДНК в данных видах, а также сохранность генов в составе клТ-ДНК и уровень их экспрессии в различных органах растения. В геноме *N. glauca* мы подтвердили наличие одной клТ-ДНК, gT, обнаруженной в 1983 году, и показали отсутствие иных вставок. В геноме *N. noctiflora* было обнаружено 2 различных по составу клТ-ДНК, NnT-DNA1 и NnT-DNA2. Полученные данные позволяют предположить однократную агротрансформацию в эволюции вида *N. glauca*, в то время как вид *N. noctiflora* был трансформирован несколько раз. Дальнейшее изучение клТ-ДНК представителей *Nicotiana*, принадлежащих к различным эволюционным ветвям рода, позволит прояснить эволюционную историю рода *Nicotiana*. В то же время выявление изменений, происходивших с клТ-ДНК с момента попадания Т-ДНК в растительный геном, поможет прояснить процессы, происходящие с трансгенами в геномах растений на длительных временных интервалах.

Работа выполнена при поддержке РФФ (21-14-00050), с использованием оборудования РЦ СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий».

**Некоторые вопросы систематики рода *Scrophularia* L.**Some notes on the taxonomy of the *Scrophularia* L. genus.

Шелудякова М.Б.

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

*msheludyakova@binran.ru*

*Scrophularia* L. (норичник) относится к довольно крупным родам цветковых растений и насчитывает, по разным данным, от 200 до 312 видов, представленных в основном многолетними и однолетними травами и полукустарниками. Род распространен в пределах Голарктики; наибольшее видовое разнообразие норичников наблюдается в горных регионах Евразии от Малой Азии до Гималаев и западного Тибета; в Северной Америке известно не более двух десятков видов.

По современным данным выделяют 2 секции: *Scrophularia* и *Caninae* G.E. Don. Секция *Scrophularia* включает травянистые растения с крупными листьями, которые предпочитают сырые, затененные или увлажненные местообитания, и произрастают в северных регионах земного шара. Секция *Caninae* – многолетние травянистые растения с одревесневающими стеблями и полукустарнички, с мелкими листовыми пластинками. Представители этой секции имеют адаптации к ксерофитным местообитаниям, их ареалы ограничены Старым Светом, также в этой группе можно отметить большое количество эндемиков.

Мы занимаемся секцией *Caninae*, как более сложной в систематическом плане группой. Многие исследователи при решении вопросов систематики и внутриродовом делении норичников опираются на форму и размер стаминодия. Стаминодий у норичников мясистый, чешуевидный имеет разнообразную форму и расположен при основании между лопастей верхней губы венчика. У норичников с крупными цветками, стаминодий имеет значение при опылении и завязывании семян. У мелкоцветковых норичников на одном растении встречаются как цветки со стаминодием, так и без него (их доля иногда доходит до 20%); роль стаминодия в опылении не выявлена.

Наши исследования посвящены группе видов, произрастающих в Восточной Европе: *S. rupestris* Vieb., *S. cretacea* Fisch., *S. donetzica* Kotov, *S. sareptana* Kleop., *S. granitica* Klokov & Krasnova. Проведена работа по оценке значимости стаминодия, как признака и выбору новых диагностических признаков для этой группы, а также анализу систематики данных видов.

**Особенности варьирования структуры цветка и побеговых систем в семействах *Nymphaeaceae* и *Ceratophyllaceae***Variations in structure of shoot systems and reproductive organs in the *Nymphaeaceae* and *Ceratophyllaceae* families

Эль Е.С.

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

*interossi@gmail.com*

Семейство *Nymphaeaceae* и род *Ceratophyllum* – две очень своеобразные группы рано дивергировавших покрытосеменных водных растений, традиционно считавшиеся родственными. Однако молекулярно-филогенетические данные не поддерживают гипотезу о сестринских отношениях между представителями этих групп. Помимо сходной жизненной формы, обеим группам свойствен ряд сходных морфологических черт, непростых в объяснении, в частности, необычные особенности архитектуры побеговых систем. Так, у представителей семейства *Nymphaeaceae* цветки, будучи латеральными, не имеют явно выраженных кроющих листьев и, как кажется на первый взгляд, наравне с листьями занимают позиции в генетической спирали филлотаксиса побега. Представителям рода *Ceratophyllum* также свойствен своеобразный тип строения побеговых систем. Листовидные органы роголистника кажутся расположенными в мутовках, но при более детальном рассмотрении филлотаксиса выясняется, что листорасположение является накрест супротивным с несколькими листовидными органами в каждом узле побега. При этом боковые побеги и кажущиеся внепазушными репродуктивные органы, как правило, формируют две ортостихи на одной из сторон побега. Таким образом, в обеих группах наблюдаются очень редкие для цветковых отклонения от геммаксиллярности – признака, возникшего как характерная особенность семенных растений.

Строение репродуктивных органов у представителей как семейства *Nymphaeaceae*, так и рода *Ceratophyllum*, может в определенных пределах варьировать. Так, у рода *Nuphar* наблюдаются различные типы «сбоев» в «околоцветнике», андроее и гинецее. Несмотря на внешне простую организацию репродуктивных структур *Ceratophyllum*, их морфологическая интерпретация очень неоднозначна.

Особенно интригующей является морфологическая природа длинного нитевидного дистального выроста гинцея, иногда именуемого «рыльцем», интерпретация которой также напрямую связана с интерпретацией типа гинцея роголистника как мономерного или псевдомономерного.

В ходе исследования были изучены закономерности расположения органов на оси побегов *Nuphar* и *Ceratophyllum*, а также морфологическое разнообразие цветков *N. lutea* и *N. pumila* и женских цветков трех видов роголистника: *C. demersum*, *C. submersum* и *C. tanaiticum*. В докладе будут обобщены оригинальные и литературные данные по структурному разнообразию цветков и побеговых систем представителей двух этих групп архаичных покрытосеменных растений.

#### **К вопросу о разграничении видов багульника на острове Сахалин**

On the molecular diversification of *Ledum* species from Sakhalin Island

Юнусова Д.Р., Полежаева М.А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*dianaiunusova@mail.ru*

Долгое время *Ledum palustre* рассматривался в качестве единственного высоко полиморфного представителя рода Багульник на протяжении всей евроазиатской части его ареала. В 1932 году в «Определителе растений Дальневосточного края» В.Л. Комаров впервые разделил *L. palustre* s.l. на четыре вида: *L. decumbens* (Ait.) Lodd., *L. palustre* s. str. L., *L. hypoleucum* Kom. и *L. dilatatum* (Wahlb.) Kom. (= *L. macrophyllum* Tolm.). Статус видов, однако, признается за ними не всеми ботаниками. Багульники имеют широкое распространение в северном полушарии: *L. decumbens* – гипоарктический азиатско-американский вид, *L. palustre* – бореально-циркумполярный вид, *L. hypoleucum* и *L. macrophyllum*, напротив, имеют довольно узкий ареал на Дальнем Востоке. Все эти виды встречаются на острове Сахалин, представляющем биогеографический рубеж между бореальной и умеренной биотами. Проблема различения форм багульников обусловлена постепенностью переходов морфологических признаков между ними, что связано с высокой адаптивной пластичностью: они могут произрастать как в субарктических тундрах, так и занимать доминантное положение в подлеске или на болотах. Для выявления первичной генетической структуры популяций видов *Ledum* на острове Сахалин, было проведено исследование изменчивости некодирующих участков хлоропластной ДНК. Обнаруженная изменчивость во фрагментах TabCD, *trnV-ndhC*, K2R-K707, *trnF-trnV* и *petB-petD* для небольшой выборки 15 образцов не укладывается в четкую видовую структуру: в популяциях не обнаружено видоспецифичных гаплотипов. Однако для фрагмента *petB-petD*, на расширенной выборке 250 образцов, была выявлена клинальная изменчивость в распределении частот гаплотипов с севера на юг. Для разграничения видов багульника требуются дальнейшие исследования с привлечением альтернативных генетических маркеров и новых выборок с большим охватом ареала.

**Особенности камбиальной активности у *Pinus sylvestris* L. в сосняках брусничных разного возраста**Peculiarities of cambial activity in *Pinus sylvestris* L. in lingonberry pine forests of different ages

Афошин Н.В., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И.

Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии

наук», Петрозаводск, Россия

afosh.nik843@gmail.com

Известно, что активность камбия в сторону отложения элементов ксилемы у древесных растений снижается с увеличением возраста. Мы исследовали особенности строения камбиальной зоны у сосен разного возраста (30, 70–80 и 180 лет). В июне 2021 г. были отобраны керны со стволов 7 деревьев каждого возраста, произрастающих в сосняках брусничных в заповеднике «Кивач» (Карелия). Деревья в возрасте 30 лет достоверно отличались от деревьев двух других возрастных групп по ширине приростов ксилемы (1,6 и 0,9, 0,7 мм соответственно) и по числу клеток ксилемы в радиальном ряду (42 и 25, 20 шт. соответственно) за период 2016–2020 гг. При этом приросты ксилемы не коррелировали с числом клеток в камбиальной зоне в период активного роста (5–9 клеток у всех деревьев). Средний радиальный диаметр клеток камбиальной зоны у деревьев 30, 70–80 и 180 лет достоверно не различался и составлял 8,3, 8,9 и 10,3 мкм соответственно. Сделан вывод о том, что более широкие приросты ксилемы у молодых деревьев могут быть обусловлены более продолжительным периодом камбиальной активности.

*Исследование выполнялось в рамках гранта РНФ № 21-14-00204 «Закономерности формирования ядровой древесины у сосны обыкновенной в диапазоне климатических условий: физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы».*

**Сравнение реакции макрофитов на однократные и рекуррентные добавки нефти в водную среду**

Comparison of macrophyte reactions to the single and recurrent addition of oil to an aqueous medium

Беликов А.С., Торгашкова О.Н., Бабенко Д.А.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет

имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

torgaschkova88@mail.ru

Попадая со сточными водами в окружающую среду, нефть неблагоприятно воздействует на водную экосистему, что в значительной мере связано с высокой чувствительностью макрофитов к нефтезагрязнению. Влияние нефти на растения многопланово и отразилось в общих зарегистрированных последствиях: почернение стебля; депигментация и опадение листьев; уменьшение биомассы растений.

Максимальная устойчивость при однократных добавках нефти характерна для *Elodea canadensis* и *Ceratophyllum demersum*. Гибель растений при максимальной нагрузке 4 мг/л для *Elodea canadensis* и 8 мг/л *Ceratophyllum demersum* отмечали на 20 и 32 сутки соответственно. Продолжительности инкубации *Potamogeton perfoliatus* составила трое суток при концентрации 4 мг/л.

В результате опытов с рекуррентными добавками с *Elodea canadensis* и *Ceratophyllum demersum*, у которых не наблюдалось видимых отличий от контроля в течение длительного периода времени, отмечено, что диапазон устойчивости *Ceratophyllum demersum* на два порядка выше, чем у *Elodea canadensis*. Суммарная нагрузка при добавках нефти по 1 мг/л составила 4 мг/л для *Elodea canadensis* и 8 мг/л для *Ceratophyllum demersum*. При применении малых добавок по сравнению с однократной добавкой у *Elodea canadensis* и *Ceratophyllum demersum* продолжительности инкубации увеличилась до 36 и 70 суток соответственно.

Выявленная тенденция повышения выносливости высших водных растений в установленном ряду имеет практическое значение при подборе наиболее устойчивых видов растений для создания экологически приемлемых технологий восстановления водных объектов.



**О применимости концепции модульной организации к анализу структуры побегов  
некоторых групп споровых растений**

On the applicability of the concept of modular organization to the analysis of shoots structure  
of some groups of spore plants

Беляков Е.А.

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Ярославская область, Россия  
*eugenbeliakov@yandex.ru*

Структура элементарного модуля (ЭМ) изначально была разработана лишь для цветковых растений с симподиальным характером нарастания. Поэтому общепринятое понимание ЭМ цветковых растений не дает в полной мере распространить его на споровые растения. Так, структура ЭМ цветковых растений не включает в себя наличие макро- и микроспорангиев на листьях, а также не указывает на отсутствие аксиллярных почек (или расположение их во внепазушной позиции), характерных для некоторых групп водных споровых. Кроме того, большинство споровых обладают моноподиальным нарастанием.

Чтобы распространить характеристики ЭМ на споровые растения необходимо внести дополнения в трактовку ЭМ. Он должен быть представлен следующими сочетаниями различных структур: 1) междоузлие (длинное или короткое); 2) лист (низовой, срединной, верховой формации) с наличием или отсутствием спорообразующих элементов (для споровых растений, не обладающих аксиллярным ветвлением, за исключением хвощей); 3) внепазушные элементы (споровые растения, не обладающие аксиллярным ветвлением) – боковые побеги развивающиеся на основе «обособленных» меристем или из участков со скрытыми меристематическими свойствами, расположенными в определенной позиции по отношению к листу/листьям, заканчивающиеся спорообразующими элементами (хвощи), или без них (лептоспорангиатные папоротники, полушники); 4) придаточные корни (отсутствие или наличие). Модули следующего порядка (универсальный и основной) у споровых и цветковых растений близки друг другу.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИБВВ РАН, тема № 121051100099-5.*

**Структурные особенности побегов *Betula humilis* на разных этапах развития**

*Betula humilis* shoots structure at different stages of development

Богданова Я.И.<sup>1</sup>, Котина Е.Л.<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
*bogdanova01yana@gmail.com*

Род *Betula* включает примерно 60 видов, распространен в северном полушарии. Большинство берез – это деревья и только 10 видов образуют кустарниковые формы. Объект нашего исследования *B. humilis* – кустарник до 2 м высотой. Это удобный модельный объект для изучения изменений строения коры и древесины с возрастом. Кроме того, структурные характеристики коры и древесины представляют собой важный источник данных для последующих сравнений с другими видами *Betula*, оценки филогенетических связей, а также понимания экологических адаптаций внутри таксона.

Побеги от 1 до 10 лет, от 3 модельных растений примерно одного возраста были исследованы. Побег 1 года покрыт эпидермой и густо опушен простыми волосками. Уже в середине первого вегетационного периода субэпидермально закладывается перидерма. Кортекс состоит из 6–8 слоев клеток паренхимы. Их количество не меняется вплоть до 10 года, однако качественная трансформация существенна. В клетках кортекса начиная со второго года появляются друзы, призматические кристаллы; с 6 года склереиды. Волокна протофлоэмы в группах по 6–40, у побегов 1 года. В последствии, между группами волокон клетки склерифицируются, образуя сплошное механическое кольцо. Перидерма первого года состоит из 6–8 слоев клеток феллемы и 2 слоев клеток феллодермы. Клетки феллемы заполнены коричневым содержимым. Начиная со 2 года они растягиваются в тангентальном направлении и делятся антиклинально. С возрастом количество слоев феллемы увеличивается до 14 и более. Вторичная флоэма прирастает по 2–8 клеток за сезон и у 10-летнего побега представлена примерно 30 слоями. В непроводящей флоэме встречаются друзы, призматические кристаллы и склереиды. Древесина рассеяннососудистая. Кольца прироста отчетливые. Сосуды одиночные либо в радиальных группах по 2–8. Паренхима апотрахеальная, диффузная. Перфорационные пластинки сосудов лестничные. Межсосудистая поровость очередная. Лучи многочисленные, 1–2-рядные. Строение древесины с возрастом побега меняется незначительно.

**Структурная организация эпидермы листьев современных представителей  
рода *Gnetum* L. (Gnetaceae) и среднеюрских беннеттитовых**

Structural organization of epidermis in leaves of modern species of *Gnetum* L. (Gnetaceae) and middle Jurassic  
Bennettites

Богданова Я.О.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
*ianinapagoda@gmail.com*

Гнетовые и беннеттитовые – два таксона голосеменных растений, имеющие общие черты строения. В частности, эпидермы. Впервые сделана попытка выявить и оценить корреляции между признаками строения кутикулы листьев беннеттитовых, а также сравнить полученные результаты со структурной организацией листьев современных гнетовых. Изучены: эпидерма 4 видов рода *Gnetum* и кутикула 4 видов беннеттитовых (роды *Nilssoniopteris* и *Ptilophyllum*).

Сходства структурной организации гнетовых и беннеттитовых проявляются в соотношении числа основных клеток и числа устьиц на 1 мм<sup>2</sup> площади покровной ткани; корреляциях между крупно- и мелкоклеточностью и степенью извилистости тангентальных стенок основных клеток верхней и нижней эпидермы; отрицательной корреляции между размером устьиц и размером клеток эпидермы. Коэффициенты вариации признаков строения эпидермы гнетумов колеблется от 6,4 до 24,0%; *Ptilophyllum* – 15,7–63,5%; *Nilssoniopteris* – 18,0–39,9%. Стабильными признаками являются извилистость тангентальных стенок основных клеток в верхней и нижней эпидерме ( $C_v \leq 18,0\%$ ). У рода *Ptilophyllum* и у гнетумов малоизменчива длина устьиц ( $C_v \leq 16,8\%$ ). Разброс коэффициентов вариации характерен для числа основных клеток на 1 мм<sup>2</sup> верхней и нижней эпидермы ( $17,5\% \leq C_v \leq 31,9\%$ ), площади тангентальных стенок основных клеток верхней и нижней эпидермы ( $21,2\% \leq C_v \leq 63,5\%$ ) и числа устьиц на 1 мм<sup>2</sup> эпидермы ( $29,3\% \leq C_v \leq 39,9\%$ ).

Результаты возможно будет сопоставить с эпидермой примитивных цветковых. Это могло бы позволить выявить общие направления эволюции листьев.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-34-00912.*

**Biochemical and structural diversity of C<sub>4</sub> photosynthesis in tribe Zoysieae (Poaceae)**

Биохимическое и структурное разнообразие C<sub>4</sub> фотосинтеза в трибе Zoysieae (Poaceae)  
Borisenko T.A.<sup>1,2</sup>, Zhurbenko P.M.<sup>2</sup>, Morozov G.A.<sup>3</sup>, Voznesenskaya E.V.<sup>2</sup>, Koteyeva N.K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia;

<sup>2</sup>Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia;

<sup>3</sup>Pavlov University, St. Petersburg, Russia

*st075629@student.spbu.ru*

In order to study the evolution of biochemical and anatomical subtypes of C<sub>4</sub> plants, 20 species from the tribe Zoysieae, family Poaceae (14 species of the genus *Sporobolus*, 3 species of the genus *Spartina*, 2 species of the genus *Zoysia* and *Urochondra setulosa*) were studied.

The biochemical subtype of C<sub>4</sub> photosynthesis was determined by Western blotting for the major decarboxylases (PEP-CK, NAD-ME, NADP-ME). Features of Kranz anatomy were studied using light and transmission electron microscopy.

Among the *Sporobolus* species, 10 species have only one decarboxylating enzyme, NAD-ME. *Spartina* and *Zoysia* species studied, and 4 *Sporobolus* species, belong to the PEP-CK subtype. *Urochondra setulosa* has NAD-ME as the main decarboxylase, with additional expression of trace amounts of PEP-CK. NAD-ME species are characterized by a predominantly centripetal distribution of chloroplasts in the bundle sheath (BS) cells; no BS extensions are found. They are characterized by chloroplast differentiation: granal in BS and with developed stromal thylakoids in mesophyll (M) cells; also, there are numerous large mitochondria in BS. All species of the PEP-CK subtype have a centrifugal positioning of chloroplasts in the BS and BS extensions (except *Sporobolus filipes*). Chloroplasts in BS and M have nearly equally developed grana with extended stromal thylakoids; mitochondria are large and numerous.

Comparison of the obtained data and the phylogenetic distribution of the studied species showed that within the tribe Zoysieae, heterogeneity in the biochemical subtypes indicates multiple transitions of C<sub>4</sub> photosynthesis subtypes. The anatomical lability of Kranz anatomy generally corresponds to the biochemical subtype.

*The study was supported by the Russian Science Foundation (22-24-01124).*

**Экологическая изменчивость структуры листа и клеток мезофилла  
*Vaccinium vitis-idaea* в горах Западного Забайкалья**

Variation of leaf structure and mesophyll cell parameters of *Vaccinium vitis-idaea* in mountains of Buryatia  
Валиева А.К.

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия  
a.k.valieva@utmn.ru

Структура листа изменяется в зависимости от экологических условий произрастания, что связано с необходимостью оптимизации светового потока и диффузии углекислого газа внутри листа. Ключевыми параметрами структуры листа, связанными с адаптацией растений к условиям среды, являются толщина листа, размеры клеток мезофилла и число хлоропластов в клетках. Целью данного исследования было изучить параметры листьев и клеток мезофилла *Vaccinium vitis-idaea* в разных экологических условиях вдоль высотного градиента. Исследования проведены на хребте Икатский в Западном Забайкалье в пяти горно-лесных сообществах, расположенных в пределах от 900 до 1167 м над уровнем моря. С увеличением высоты произрастания вдоль градиента возрастала влажность среды, что было связано с наличием вечной мерзлоты в изучаемом районе. При этом проективное покрытие брусники также увеличивалось. Для исследования брали листья текущего года, на поперечных срезах измеряли толщину листа, а в суспензии клеток после химической мацерации – число хлоропластов в клетках и размеры клеток. Значимость различий между популяциями определяли при помощи критерия Тьюки (ANOVA). Отмечена относительная стабильность количественных параметров клеток мезофилла: число хлоропластов в клетке и объем клетки мезофилла варьировали в пределах 5% и 10% соответственно. Существенные изменения с высотой над уровнем моря у брусники обнаружены в морфологических параметрах листа, при движении вверх по градиенту средняя толщина листа возрастала в 1,5 раза: от 324 мкм до 505 мкм. В ходе анализа ключевых параметров структуры листа выявлено, что адаптация листьев вечнозеленого кустарничка *Vaccinium vitis-idaea* к изменению экологических условий вдоль высотного градиента в большей степени связана с изменением морфологических параметров листа, чем с изменением размеров клеток.

**Сравнительная карпология представителей рода *Clethra* L. (Clethraceae)**

Comparative carpology in the genus *Clethra* L. (Clethraceae)

Васёха Н.Д.<sup>1</sup>, Сорокин А.Н.<sup>2</sup>, Здравчев Н.С.<sup>2</sup>, Михайлова А.Н.<sup>1,2</sup>, Стеванович М.Б.<sup>1</sup>, Тимченко К.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

natashavasekha@yandex.ru

Согласно последней версии системы APG IV, Clethraceae и Cyrillaceae/Ericaceae являются сестринскими кладами. Большинство исследований Clethraceae проведено с целью выяснения филогенетических связей, при этом данных об анатомии и морфологии семейства недостаточно. В связи с этим нами были проведены сравнительно-карпологические исследования представителей рода *Clethra*.

Плоды *Clethra* – верхние локулицидные трехгнездные коробочки обратнотрушевидной формы. С целью определения морфогенетического типа плода были исследованы морфология плодов и анатомия перикарпия 5 видов рода: *Clethra acuminata* Michx., *C. alnifolia* L., *C. arborea* Aiton, *C. delavayi* Franch., *C. scabra* Pers.

Перикарпий изученных плодов дифференцирован на три гистогенетические зоны: однослойный экзокарпий, представленный слегка вытянутыми в тангентальном направлении тонкостенными эпидермальными клетками и одноклеточными волосками; мезокарпий, состоящий из внешней зоны (3–7 слоев тонкостенных изодиаметрических клеток) и внутреннего слоя, представленного слабо разветвленными склереидами с частично одревесневшими стенками, склерифицирующимися на средних и поздних стадиях развития; и эндокарпий, представленный одним слоем преимущественно тангентально вытянутых толстостенных склерифицированных клеток, удлинённых в продольном направлении в области дорзального пучка (тут формируется механизм вскрывания) и в зоне, прилегающей к плацентам. У *Clethra arborea* внутренний слой мезокарпия не склерифицируется, а склеренхимная зона локализована исключительно в однослойном эндокарпии, что позволяет говорить о выделении двух морфогенетических типов плодов (Bobrov & Romanov 2019) в роде *Clethra*: коробочка Hamamelis-типа (*C. acuminata*, *C. alnifolia*, *C. delavayi*, *C. scabra*) и коробочка Liliium-типа (*C. arborea*).

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН №18-118021490111-5 на базе УНУ «Фондовая оранжея».

**Формирование аномальных зон во внутренней структуре *Spiraea beauverdiana* С.К. Schneid. в условиях магматических вулканов о. Кунашир, Южные Курильские острова**

Formation of anomalous zones in the internal structure of *Spiraea beauverdiana* С.К. Schneid. near magma volcanoes on the Kunashir Island, South Kuril Islands

Вацерионова Е.О., Копанина А.В., Власова И.И.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

*katya.vatserionova.85@mail.ru*

Целью наших исследований является изучение аномальных зон во внутренней структуре коры *Spiraea beauverdiana*, произрастающей в условиях магматических вулканов. Для анатомического анализа были отобраны образцы стеблей на Северо-Восточном сольфатарном поле вулкана Менделеева и в кальдере вулкана Головнина, на Центральном Восточном сольфатарном поле. Одним из проявлений влияния вулканической активности на структуру коры является образование аномальных зон во внутренней структуре коры *S. beauverdiana*, которые развиваются наиболее интенсивно в молодом возрасте (3–5 лет), достигая максимальных значений в скелетных ветвях к 8 годам. Участки аномального строения в молодых стеблях *S. beauverdiana* нами обнаружены в растениях с сольфатарных полей кальдеры влк. Головнина и влк. Менделеева. В молодых стеблях наиболее часто встречаются структурные аномалии перидермы. Феллема в этих зонах многослойная. Клетки феллемы расположены нерегулярно. Аномальная феллема тонкостенная, но встречаются небольшие группы клеток со значительно утолщенными оболочками. Феллодерма также имеет отклонения от нормального строения. В массиве клеток аномальной феллодермы встречаются группы мелких клеток, оболочки которых утолщены и склерифицированы. На 2–3 год нарастания стебля аномалии увеличиваются за счет активной деятельности феллогена, который формирует толстый слой перидермы. Аномальная флоэма представлена небольшими участками, в которых аксиальная и лучевая паренхима представлена крупными склерифицированными клетками и волокнами. Таким образом, выявленные особенности с обеих точек сбора (влк. Головнина и влк. Менделеева) имеют адаптивный характер к экстремальным условиям магматических вулканов.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИМГиГ ДВО РАН.*

**Морфологическая характеристика меланизированных талломов лишайников**

Morphological characteristics of melanized lichen thalli

Даминова А.Г.<sup>1,2</sup>, Рассабина А.Е.<sup>1</sup>, Петрова А.А.<sup>1</sup>, Рогов А.М.<sup>2</sup>, Минибаева Ф.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский институт биохимии и биофизики – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия;

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

*daminova.ag@gmail.com*

Лишайники представляют собой симбиоз гриба (микобионт) и водоросли (фотобионт). Особую роль в феноменальной устойчивости лишайников к действию неблагоприятных факторов играют вторичные метаболиты, в том числе темные пигменты меланины. Меланины – высокомолекулярные полимеры, содержащие фенольные и индольные группы. Меланизация корового слоя таллома лишайников способствует предотвращению внутриклеточных повреждений при действии УФ облучения и света высокой интенсивности. Информация о морфологии клеток меланизированных талломов лишайников практически отсутствует. С использованием световой микроскопии нами показано, что поперечные срезы меланизированных талломов характеризуются наличием особого слоя пигментированных клеток, проявляющих чувствительность к качественным реакциям на меланин. Методом сканирующей микроскопии в меланизированных талломах были визуализированы клетки с утолщенной клеточной стенкой, содержащие меланин-подобные частицы. С помощью трансмиссионной электронной микроскопии были выявлены стадии меланизации клеток корового слоя таллома. Клетки гифов микобионта лишайника участвуют в меланизации таллома путем синтеза меланина и секреции меланиновых гранул. Результаты биохимического анализа свидетельствуют о высокой комплексобразующей активности меланинов, в частности, с полисахаридами. Таким образом, комплексный подход в изучении меланизированных талломов позволил получить новые данные об архитектуре меланинсодержащего слоя лишайников.

*Работа поддержана РФФИ №21-74-00153 (ТЭМ, СЭМ), РФФИ №18-14-00198 (биохимический анализ меланинов). В рамках выполнения ГЗ ФИЦ КазНЦ РАН проведены качественные реакции на меланины.*



**Анатомическое строение стенки циатиев видов рода *Euphorbia* L. subg. *Esula* (Euphorbiaceae)**Morphological and anatomical traits of cyathia of *Euphorbia* L. subg. *Esula* (Euphorbiaceae)

Добронравина В.Н., Романова М.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

st055382@student.spbu.ru

Молочай, *Euphorbia* L. – один из крупнейших родов цветковых растений, насчитывающий около 2000 видов. Существует несколько систем рода, основанных на морфологических данных, однако все они вступают в противоречие с данными молекулярной филогении, что делает особенно актуальным поиск новых систематически значимых признаков на уровне внутривидовых таксонов разного ранга. Специфическое парциальное соцветие молочаев – циатий – давно и интенсивно исследуется, однако основное внимание скорее уделяют вопросу его общей морфологической природы (является ли циатий цветком, соцветием или особым образованием с теми же функциями), чем конкретным признакам представителей разных подродов и секций.

В данной работе было изучено морфологическое и анатомическое строение стенки циатиев 11 видов молочаев и 6 секций подрода *Esula*. Строение проводящей системы стенки циатия оказалось сходным у всех изученных видов: от основания циатия отходят 1–2 проводящих тяжа, идущие по лопасти до ее верхушки, и столько же тяжей проходят от основания циатия до основания нектарника. Также к основанию нектарника подходят проводящие тяжи, ответвляющиеся от тяжей двух смежных с нектарником лопастей. Проводящая система нектарников без придатков представлена 3–5 тяжами, расходящимися в виде лучей по нектарнику; у нектарников с придатками есть два дополнительных тяжа, соединяющих основание нектарника с верхушкой придатка. Таким образом, анатомические признаки циатиев весьма перспективны для использования в систематике таксона.

**Клеточные и молекулярные аспекты морфогенеза видов рода *Equisetum* L. (Equisetaceae)**Cellular and molecular aspects of morphogenesis in species of the genus *Equisetum* L. (Equisetaceae)

Домашкина В.В., Романова М.А., Велле С.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

st055296@student.spbu.ru

Хвощовые (Equisetophytina, Polypodiophyta), в отличие от остальных папоротниковидных, обладают нефотосинтезирующими чешуевидными листьями. Образование листьев происходит в апикальной меристеме побега (АМП) и регулируется гормонами и транскрипционными факторами (ТФ). В настоящем исследовании мы поставили перед собой цель выявить возможные различия в структуре АМП, клеточных и молекулярных аспектах заложения и развития листьев, которые могли привести к редукции теломных листьев в данной группе.

Объектами исследования стали два хвоща *Equisetum sylvaticum* L. и *E. fluviatile* L. с моноплексной АМП. Для описания клеточных аспектов образования и развития листа, мы объединили картирование клеточных линий в АМП с изучением клеточной дифференциации в последовательных сегментах одной апикальной инициали с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Провели биоинформатический поиск гомологичных ТФ: ARP, KANADI, HD-ZIP III, WUS, YABBY с использованием функции tBlastN в базе транскриптомов 1КР.

В ходе исследования была охарактеризована зональная структура АМП *E. sylvaticum*, и *E. fluviatile*, морфогенез листа, почек и начальные этапы гистогенеза. Более того, были охарактеризованы ультраструктурные особенности апикальной клетки, поверхностных и подповерхностных инициалей. Установлено, что клетки имеют полярность и соединены плотной сетью плазмодесм, как у и остальных представителей Polypodiophyta. В транскриптомах АМП ряда растений, представленных в базе 1КР, обнаружены гомологи ТФ, участвующих в поддержании функций АМП и принимающих участие в заложении и дальнейшем развитии листа.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-20049 и гранта Санкт-Петербургского научного фонда.

**Особенности прорастания семян некоторых видов семейства Астровые  
в семенных банках лесных сообществ**

Features of the seed germination of the some Asteraceae species in forest communities seed banks

Ефимова Д.И., Татьяна Е.О., Торгашкова О.Н.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет

имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

*torgaschkova88@mail.ru*

В семенных банках лесных фитоценозов Саратовского Правобережья многочисленны в качественном и количественном отношении семена представителей семейства Asteraceae. Преобладающее большинство этих семян характеризуется наличием эндогенного неглубокого физиологического покоя и имеет полный развитый зародыш.

Выявлены общие тенденции прорастания семян и выделены три группы: 1) семена, характеризующиеся прорастанием в течение всего времени эксперимента с максимум появления всходов на первой неделе; 2) семена, прорастающие в основном в середине эксперимента; 3) семена, прорастающие равномерно. Семена большинства видов характеризуются быстрым прорастанием, что зависит от их видовой специфичности относительно жизненной стратегии. Ускоренным и массовым характером прорастания в первую неделю обладает *Achillea millefolium*. Особенностью прорастания семян *Hieracium umbellatum*, *H. pilosella* и *Artemisia austriaca* является значительное прорастание семян в начале эксперимента и затем уменьшение их числа. Семена *Taraxacum officinale* характеризуются равномерным медленным прорастанием. Преобладающее число проросших семян *Centaurea marschalliana* отмечено на 3–4 неделе опыта.

Полевая всхожесть изученных видов неоднозначна. Высокой всхожестью во все годы эксперимента обладают семена: *Achillea millefolium* и *Artemisia austriaca*, средней всхожестью, преимущественно на второй год эксперимента характеризуются семена *Hieracium umbellatum* и *H. pilosella*. Низкой всхожестью характеризуются *Taraxacum officinale*. Проростки семян *Centaurea marschalliana* в полевых условиях не обнаружены.

**Развитие и анатомия плода *Loropetalum chinense* (R.Br.) Oliv. (Hamamelidaceae)**

Development and anatomy of *Loropetalum chinense* (R.Br.) Oliv. (Hamamelidaceae) fruits

Здравчев Н.С.<sup>1</sup>, Бобров А.В.<sup>2</sup>, Романов М.С.<sup>1</sup>, Васёха Н.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*zdravchevnikita@yandex.ru*

Семейство Hamamelidaceae некоторыми авторами выделялось в отдельный порядок, а в настоящее время включено в порядок Saxifragales, содержащий еще 15 семейств, большинство из которых ранее не рассматривались как родственные (APG IV). В связи с реинтерпретацией филогенетических связей Hamamelidaceae проблема определения апоморфий и плезиоморфий является актуальной – в частности выявление закономерностей гистогенеза репродуктивных структур.

Для выявления особенностей развития анатомической структуры стенки плода *Loropetalum chinense* нами были изучены его плоды на трех стадиях развития. Плод *L. chinense* – почти полностью нижняя двугнездная синкарпная коробочка обратнойцевидной формы, вскрывающаяся по вентральным швам карпелл и локулицидно. Стенка плода дифференцирована на три зоны: эпикарий, мезокарпий и эндокарпий.

В эпикарии выделяются: однослойная эпидерма, состоящая из клеток прямоугольных на поперечном срезе и густоопушенная одноклеточными склерифицированными звездчатыми волосками, и основная ткань, представленная 5–7 слоями тонкостенных клеток, часть которых склерифицируется в процессе развития.

Мезокарпий представлен двумя топографическими зонами: наружной, состоящей из 5–7 слоев изодиаметрических паренхимных клеток и отдельных или собранных в небольшие группы склереид; и внутренней, включающей 7–10 слоев тангентально вытянутых клеток, склерифицирующихся на поздних стадиях развития.

Эндокарпий на самой ранней стадии развития представлен одним слоем мелких паренхимных изодиаметрических клеток. В процессе развития плода происходят тангентальные деления клеток, и на зрелой стадии эндокарпий состоит из 3–6 слоев разновеликих несклерифицированных клеток.

Таким образом, плод *L. chinense* является коробочкой Forsythia-типа (Bobrov & Romanov 2019), ранее не описанной для семейства Hamamelidaceae.

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН №18-118021490111-5 на базе УНУ «Фондовая оранжерея».

### Строение перикарпия представителей трибы Tulipeae (Liliaceae)

Pericarp structure of the Tulipeae tribe species (Liliaceae)

Иовлев П.С.<sup>1,2</sup>, Романов М.С.<sup>1</sup>, Бобров А.В.<sup>2</sup>, Здравчев Н.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*iovlev.petr@gmail.com*

В настоящее время подсемейство Lilioideae, занимающее терминальное положение в семействе Liliaceae, подразделяется на две трибы: Lilieae и Tulipeae. Триба Tulipeae представлена четырьмя родами: *Amana* Honda, *Erythronium* L., *Tulipa* L. и *Gagea* Salisb. Согласно многочисленным исследованиям филогении семейства, наиболее эволюционно «молодыми» являются роды *Amana* и *Erythronium*, в то время как *Gagea* является самым древним родом трибы Tulipeae. Плоды представителей Tulipeae – верхние многосеменные трехгнездные локулицидные коробочки.

С целью установления морфогенетических типов плодов представителей Tulipeae было изучено строение перикарпия представителей всех родов трибы, в том числе: *A. edulis*, *E. dens-canis* L., *E. krylovii* Stepanov, *T. bifloriformis* Vved., *G. minima* (L.) Ker Gawl. Экзокарпий у изученных видов однослойный, состоящий из нелигнифицированных почти квадратных на поперечном срезе клеток с равномерно утолщенными стенками. Мезокарпий состоит из 9–18 слоев паренхимных клеток. У видов *Erythronium* в средней части мезокарпия развита проводящая система с большим количеством латеральных пучков. Эндокарпий однослойный: у видов *Amana* и *Erythronium* состоит из немного тангентально удлиненных толстостенных нелигнифицированных клеток, в то время как у видов *Tulipa* и *Gagea* – из тангентально удлиненных одревесневающих в процессе развития клеток.

В результате исследования нами было установлено, что плоды *Tulipa* и *Gagea*, имеющие зону лигнификации лишь в эндокарпии являются коробочками *Lilium*-типа (по классификации Bobrov, Romanov 2019), а плоды *Erythronium* и *Amana*, лишенные одревеснения перикарпия – *Galanthus*-типа. Согласно современным представлениям о филогении трибы Tulipeae, можно заключить, что лигнификация эндокарпия является исходным признаком.

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН №18-118021490111-5 на базе УНУ «Фондовая оранжерея».

### Эволюция гинецея в порядке Apiales: мономерия и псевдомономерия

Gynoecium evolution in Apiales: monomery and pseudomonomery

Карпунина П.В.

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

*p.karpunina@yandex.ru*

В эволюции покрытосеменных гинецей с одним фертильным плодолистиком возникал неоднократно в различных группах. Мономерный гинецей состоит из единственного плодолистика, а в псевдомономерном наряду с фертильным плодолистиком есть один, два или несколько стерильных. Псевдомономерные гинецеи в разных группах покрытосеменных могут быть внешне схожи, но при этом обладать важными различиями в особенностях анатомического строения и развития, которые представляют таксономический и эволюционный интерес. Удобной группой для изучения этого вопроса является порядок Apiales. По современным представлениям, в него входит семь семейств, среди которых можно выделить крупную кладу, включающую Apiaceae, Araliaceae, Myodocarpaceae и Pittosporaceae, а также три небольших семейства (Pennantiaceae, Torricelliaceae и Griselinaceae), образующих базальную граду. В разных семействах порядка встречаются оба типа редуцированных гинецеев. Все представители Apiales с мономерным гинецеем относятся к роду *Polyscias* (Araliaceae), где такой тип возник независимо как минимум четыре раза. Псевдомономерный гинецей характерен для некоторых представителей семейства Apiaceae, а также для всех трех семейств базальной грады порядка. Гинецей Pennantiaceae, Torricelliaceae и Griselinaceae состоит из трех плодолистиков, два из которых стерильные. Тримерные псевдомономерные гинецеи в этих семействах имеют общий план строения. Сравнение их морфогенеза и

анатомического строения не дает доказательств независимого происхождения псевдомономерии в этих семействах. Таким образом, можно сформулировать гипотезу о том, что гинеец с диморфизмом плодолистиков представляет собой эволюционно исходное состояние для *Apiales*, причем диморфизм был утрачен в наиболее крупных семействах порядка. Эта гипотеза противоречит традиционным представлениям об эволюции группы и покрытосеменных растений в целом и несомненно нуждается в более глубоком тестировании с использованием разных методов и подходов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-34-90100.*

### **Морфологическая изменчивость *Globularia bisnagarica* L. в пределах восточно-европейского фрагмента ареала**

Morphological variability of *Globularia bisnagarica* L. within the Eastern European fragment of the range

Кондратьева А.О.<sup>1</sup>, Кашин А.С.<sup>1</sup>, Пархоменко А.С.<sup>1</sup>, Шилова И.В.<sup>1</sup>, Абрамова Л.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия;

<sup>2</sup>Южно-Уральский Ботанический сад-институт УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*popova.ao@mail.ru*

Определение степени внутривидового морфологического разнообразия наряду с выявлением факторов, причастных к формированию того или иного паттерна изменчивости способствует пониманию адаптивного потенциала вида. В данной работе была предпринята попытка оценить уровень морфологического разнообразия 25-ти популяций редкого, реликтового вида *Globularia bisnagarica* L. с помощью методов линейной и геометрической морфометрии, а также выявить возможные взаимоотношения наблюдаемых паттернов изменчивости с некоторыми климатическими и географическими факторами, используя модели множественной линейной регрессии.

Анализ формы листовой пластинки выявил значительную степень межпопуляционной изменчивости по данному признаку. Популяции, произрастающие на северо-востоке и северо-западе исследованной территории, характеризовались широкой, лопатчатой формой листовой пластинки, в то время как листовые пластинки в более южных популяциях отличались более узкой и вытянутой формой. Результаты моделирования показали, что значительная часть наблюдаемой вариации формы может быть объяснена совокупным влиянием нескольких климатических факторов: сезонности выпадения осадков, количеством солнечной радиации в июле, максимальной температурой самого теплого месяца и средней температурой самого сухого квартала.

В результате анализа данных линейной морфометрии было обнаружено разделение исследованных популяций на две группы. Однако моделирование с факторами окружающей среды показало, что лишь относительно небольшая часть вариации морфометрических параметров может быть объяснена влиянием глобальных климатических и географических градиентов. В связи с этим, предполагается, что наблюдаемый паттерн изменчивости может быть связан с локальными микроклиматическими условиями мест обитания популяций, не учтенными в настоящем анализе, а также естественной фрагментацией исследуемой части ареала, приведшей к пространственной и репродуктивной изоляции популяций.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74 00004.*

### **Структура перикарпия *Livistona chinensis* (Jacq.) R. Br. ex Mart. (Arecaceae – Coryphoideae)**

Pericarp structure of *Livistona chinensis* (Jacq.) R. Br. ex Mart. (Arecaceae – Coryphoideae)

Михайлова А.А.<sup>1,2</sup>, Бобров А.В.<sup>1</sup>, Романов М.С.<sup>2</sup>, Васёха Н.Д.<sup>1</sup>, Тимченко К.С.<sup>1</sup>, Стеванович М.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

*ana.mikhaylova@list.ru*

Пальмы – одно из крупнейших семейств цветковых растений, имеющее огромное практическое значение, что определило практически всестороннюю изученность его представителей. Но плоды пальм изучены недостаточно, поэтому сравнительно-карпологические исследования пальм являются актуальными. Для выявления анатомических особенностей перикарпия *Livistona chinensis*. Нами были изготовлены и изучены поперечные срезы плодов на разных стадиях развития.

Зрелые плоды эллипсоидальной формы достигают 1,5–2,6 см в длину, 0,9–1,8 см в диаметре, голубовато-зелёного цвета, темнеющие при созревании. Перикарпий дифференцирован на три гистогенетические зоны. Экзокарпий, покрытый тонким слоем кутикулы, представлен однослойной



эпидермой, сложенными мелкими изодиаметрическими клетками, заполненных светлыми флобафенами. Мезокарпий состоит из четырёх топографических зон. Внешняя зона образована 4–7 слоями небольших тонкостенных изодиаметрических клеток, заполненных светлыми флобафенами. Вторая зона включает в себя проводящие пучки со слабыми механическими обкладками, состоит из 48–58 слоев и представлена несколькими типами клеток: разноразмерные тонкостенные изодиаметрические клетки; крупные изодиаметрические клетки, заполненные светлыми флобафенами; одиночные или собранные в небольшие группы склереиды, имеющие сильно утолщенные склерифицированные клеточные стенки. Третья зона представлена «косточкой» – 3–5 слоев многоугольных склереид, плотно прилегающих друг к другу, с сильно утолщенными одревесневшими клеточными стенками. Четвёртая зона состоит из 4–6 слоев небольших тонкостенных сильно уплощенных клеток. Эндокарпий представлен одним слоем мелких изодиаметрических уплощенных клеток.

Плод *L. chinensis* относится к односемянным костянкам Rhapis-типа (Bobrov, Romanov, 2019), или «корифоидному типу плода» (Murray, 1973). Сходная структура перикарпия и особенности его гистогенеза наблюдаются и у других ранее исследованных представителей Coryphoideae (Murray, 1973; Bobrov et al., 2021).

### Репродуктивная биология некоторых представителей рода *Maianthemum*

Reproductive biology of some species of the genus *Maianthemum*

Никандрова Е.С., Локк И.Э., Вислобоков Н.А.

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

*lena.elena-nika@yandex.ru*

Род *Maianthemum* состоит из 30–40 видов, широко распространённых в Северном Полушарии. Нами изучены три вида *M. bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *M. dilatatum* (Alph.Wood) A. Nelson & J.F. Macbr. и *M. intermedium* Vorosch. в Приморском крае (г. Владивосток), *M. bifolium* дополнительно изучен в Московской области (экопарк «Начинание»). Сбор материала и наблюдения проводились с 26.05.2021 по 12.06.2021.

Изучение морфогенеза цветка показало, что гинецей состоит из двух плодолистиков, которые срастаются по типу раннего конгенитального срастания, дополненного постгенитальным срастанием верхних частей. Развитие цветка у трех изученных видов происходит сходным образом, однако обнаруживаются различия в строении септальных нектарников.

Были проведены полевые наблюдения за цветущими популяциями трех видов. Для всех видов характерна протерандрия. Тычинки вскрываются в 1–2-й день цветения, на 3–4-й день начинается женская фаза цветения.

Цветки *M. dilatatum* и *M. bifolium* посещали насекомые из отрядов Coleoptera, Diptera и Hymenoptera. На цветках *M. intermedium* были встречены только Diptera и Hymenoptera. Спектр двукрылых посетителей *M. dilatatum* более разнообразен, чем у *M. bifolium*, однако мухи из семейств Syrphidae и Empididae были встречены на цветках обоих видов. Заметным отличием *M. dilatatum* является крайне высокое число посещений соцветий муравьями (Formicidae). На муравьях была обнаружена пыльца *Maianthemum*, доля которой к общему числу пыльцы в образце доходила до 90%. Подсчет пыльцевых зерен в смывах с пойманных насекомых показал, что опыление разных видов *Maianthemum* происходит преимущественно с помощью Syrphidae.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект 19-14-00055). Авторы признательны экопарку «Начинание» за помощь в организации полевых работ.

### Развитие проростков *Pinguicula villosa* L. (Lentibulariaceae)

Seedling development in *Pinguicula villosa* L. (Lentibulariaceae)

Николаева Л.А.

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

*pushkareva-lubov@mail.ru*

*Pinguicula villosa* – редкий вид флоры Северо-Запада России, для сохранения которого необходимо изучение различных аспектов биологии его развития, в частности, развития проростка, данные по которому ограничены. Изучена морфология проростка, развивающегося в естественных условиях (Heide, 1912), однако тип покоя семян и структурно-функциональные особенности прорастания не известны.

Цель работы – выявление типа покоя семян и морфолого-анатомических особенностей развития проростков *P. villosa*.

Выполненные семена (сбор в июне 2014 г., пгт. Ревда, Мурманская. обл.) проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге при двух температурных режимах: 18–20°C (на свету) и после холодной стратификации (0–3°C, 3 мес.), с последующим выносом в тепло и на свет. Развитие проростков отслеживали в течение 1 мес., их структуру анализировали методами СМ и СЭМ.

Установлено, что *P. villosa* характеризуется глубоким физиологическим покоем семян, их низким процентом прорастания (20%), надземным типом прорастания. Особенности прорастания является вскрывание семени посредством оперкулула, развитие на гипокотиле всасывающих волосков, быстрое развертывание семядолей и замещение главного корня системой адвентивных корней, а также формирование на поверхности семядолей устьиц, улавливающих железок и гидатод, что рассмотрено как адаптация растений к обитанию в условиях высокой влажности и плотоядному образу жизни. Выявлена необычная структура ряда проростков – наличие двух неравных, односторонне сросшихся в основании семядолей (с расположением большей на одной оси с гипокотилем и ее доминированием над другой) и заложением 1-го листа супротивно слиянию семядолей. Факты гетерокотилии проростков важны для понимания механизмов становления псевдомонокотилии в роде *Pinguicula*.

### Анатомическое строение подземных органов *Epilobium hirsutum* L. (Onagraceae)

Anatomical structure of the underground organs of *Epilobium hirsutum* L. (Onagraceae)

Овчинникова Ю.А., Шабалкина С.В.

Вятский государственный университет, Киров, Россия

*yuliaovchinnikova0@gmail.com*

Изучено внутреннее строение подземных органов *Epilobium hirsutum* L. для выявления его адаптаций к условиям среды. Растения встречаются в сырых биотопах: на болотах, по краям водотоков, канавам, оврагам, сырым лесам и кустарникам. Подземные органы вегетативно возникших особей образованы симподиально нарастающими переходными от столона к корневищу образованиями с придаточными корнями. В работе остановимся на описании анатомии геофильного участка побега. При изучении выполнены поперечные срезы его междоузлий, измерены линейные размеры структур.

На поперечном срезе геофильного участка выделяются эпидерма, первичная кора и стела. Первичная кора толщиной 941,50±35,70 мкм образована клетками (диаметр 44,50±2,03 мкм) запасавшей паренхимы с многочисленными межклетниками. Внутренний слой первичной коры представлен эндодермой. Стела диаметром 1984,00±98,05 мкм имеет непучковое строение; на ее периферии располагается флоэма (толщина 87,00±5,12 мкм), под которой находится слой камбия. Далее, по направлению к центру, размещается ксилема (толщина 144,00±18,99 мкм), под ней – сердцевина, имеющая диаметр 1702,00±97,07 мкм и образованная клетками (диаметр 41,00±2,33 мкм) запасавшей паренхимы с большим количеством межклетников.

Наличие межклеточных воздухоносных полостей в геофильном участке побега является приспособлением к произрастанию в условиях повышенной влажности. Благодаря хорошо развитой запасавшей паренхиме особи *E. hirsutum* поддерживают жизнедеятельность в период покоя. Механические ткани развиты слабо, что свидетельствует о направленности приспособленности к осуществлению запаса веществ, вегетативному размножению, росту за счет неодревесневших клеточных оболочек.

### Способность искусственно полученных межвидовых гибридов тубероидных орхидей к прорастанию *in vitro*

The ability of artificially obtained interspecific hybrids of tuberoid orchids to germinate *in vitro*

Прокин А.М., Макарова А.Е., Широков А.И., Сырова В.В.

Институт биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

*prokinam691@gmail.com*

Большинство представителей семейства орхидных (Orchidaceae) относятся к категории редких и исчезающих видов и требуют охраны. Тубероидные орхидеи – особая группа, объединяющая виды с подземным стеблекорневым тубероидом, приспособившиеся к сезонному климату с холодной зимой. В связи с энтомофильностью этой группы и отсутствием механизмов, препятствующих межвидовой

гибридизации (кроме узкой специализации опылителей), довольно часто наблюдается образование спонтанных гибридов в природных местообитаниях.

При искусственном опылении в культуре вероятность получения межвидовых и межродовых гибридов является нормой. В практическом отношении получение искусственных гибридов, имеющих усиленный декоративный эффект, отобранных по принципу легкости культивирования будут способствовать получению новых перспективных декоративных культур.

Выполнение работы проходило на базе коллекции орхидных Ботанического сада ИББМ ННГУ. Объектом исследования послужили 8 видов тубероидных орхидей из 2 родов *Dactylorhiza* Neck. ex Nevski (1937) и *Orchis* L. из коллекции открытого грунта. В ходе эксперимента было осуществлено искусственное перекрестное опыление около 400 цветков и получено 36 вариантов гибридов. Для оценки жизнеспособности полученных семян был произведен посев 80 образцов коробочек на стерильные питательные среды в лаборатории *in vitro*.

В результате визуального осмотра колб спустя 6 месяцев после посева были получены следующие результаты:

1. Образование протокормов (прорастание) были выявлены у 18 образцов семян полученных гибридов. Отсутствие признаков прорастания у остальных семян можно связать с их нежизнеспособностью.
2. Наилучшей всхожестью среди семян гибридного происхождения обладали семена *Dactylorhiza aristata* × *D. fuchsii*, *D. baltica* × *D. traunsteineri*, *D. fuchsii* × *D. incarnata*, *D. fuchsii* × *D. traunsteineri*, *D. fuchsii* × *D. urvilleana*, *D. incarnata* × *D. traunsteineri* и *D. urvelliana* × *D. fuchsii*. Данные гибриды с наибольшей вероятностью можно считать наиболее жизнеспособными.

### Строение и гистохимия млечников у восьми видов *Euphorbia*

Anatomy and histochemistry of laticifers in eight *Euphorbia* species

Рябуха У.А.

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

[uryabukha@binran.ru](mailto:uryabukha@binran.ru)

Млечники (М.) – одна из разновидностей внутренней секреторной ткани, широко распространённая в ряде семейств цветковых растений. Её характерной особенностью является синтез и накопление млечного сока (латекса). Он представляет собой многокомпонентную эмульгированную смесь веществ, содержащую вторичные метаболиты.

Для представителей рода *Euphorbia* характерно формирование системы М. нечленистого типа в стебле. В работе были изучены представители восьми секций, относящихся к двум под родам: под род *Euphorbia* L. (*E. trigona* Mill., *E. alluaudii* Drake, *E. milii* Des Moul., *E. tirucalli* L.) и под род *Esula* Pers. (*E. cyparissias* L., *E. peplus* L., *E. myrsinites* L., *E. squamosa* Willd.). Целью исследования стало выявление клеточных механизмов синтеза и накопления латекса М. стебля.

На светооптическом уровне установлено, что исследованные виды различаются между собой по строению и локализации М. Наибольший диаметр М. характерен для *E. myrsinites* и *E. peplus*, наибольшая толщина клеточной стенки – для *E. myrsinites* и *E. milii*. Исследованные виды под рода *Euphorbia*, адаптированные к аридным местообитаниям, характеризуются наличием системы узких извитых М., а виды под рода *Esula*, распространённые в умеренных широтах, отличаются линейным расположением М. в стебле.

Ультраструктура клеток М. включает несколько лопастных ядер, центральную вакуоль и комплекс органелл, участвующих в биосинтезе латекса. В состав комплекса входят элементы эндомембранной системы и лейкопласты с увеличенной площадью поверхности. Синтезированный в цитоплазме секрет аккумулируется в полости вакуоли.

Гистохимическими методами в составе латекса изученных нами видов выявлены терпены, алкалоиды и фенольные соединения.

Работа выполнена в рамках госзадания БИН РАН (Рег. № НИОКТР АААА-А19-119031290052-1).

### Особенности строения проводящей флоэмы *Pinus sylvestris* L. в сосняках брусничных разного возраста

Structural features of the conductive phloem of *Pinus sylvestris* L. in lingonberry pine forests of different ages  
Серкова А.А., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А., Мошников С.А., Иванова Д.С., Семенова Л.И.

Институт леса – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,

Петрозаводск, Россия

*serkovaaleksandra1996@yandex.ru*

В настоящее время процессы флоэмогенеза у древесных растений изучены недостаточно. Мы исследовали особенности строения вторичной флоэмы у сосен разного возраста (30, 70–80 и 180 лет). В июне 2020 года были отобраны образцы коры со стволов 7 деревьев каждого возраста, произрастающих в сосняках брусничных в заповеднике «Кивач» (Карелия). Деревья в возрасте 30, 70–80 и 180 лет достоверно отличались по ширине вторичной флоэмы (2,3, 2,4, 3,1 мм соответственно) и проводящей флоэмы (250, 284, 343 мкм соответственно). У сосен некоторые ситовидные клетки могут иметь утолщенные (перламутровые) оболочки. У всех деревьев доля ситовидных клеток с утолщенными оболочками составляла 11–65% от общего числа ситовидных клеток. Утолщенные оболочки у 30-, 70–80- и 180-летних сосен были в 2,2, 2,35 и 2,45 раза шире, что привело к уменьшению площади просвета ситовидных клеток на 8%, 10% и 15% соответственно. Высказана гипотеза о том, что отличия в структуре флоэмы у деревьев разного возраста могут быть связаны с разной обеспеченностью фотоассимилятами.

*Исследование выполнялось в рамках Государственного задания Института леса КарНЦ РАН.*

### Сравнительная анатомия плодов *Echinodorus subalatus* (Mart. ex Schult.f.) Griseb. в связи с проблемами диссеминации

Comparative fruit anatomy of *Echinodorus subalatus* (Mart. ex Schult.f.) Griseb. in connection with their dispersal mode

Стеванович М.Б.<sup>1</sup>, Васёха Н.Д.<sup>1</sup>, Здравчев Н.С.<sup>2</sup>, Михайлова А.А.<sup>1,2</sup>, Тимченко К.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

*stevanovich.mila@mail.ru*

*Echinodorus subalatus* (Alismataceae) – полуводные травянистые растения, распространенные в тропиках континентальных территорий Центральной и Южной Америки и на Антильских островах. Для установления основных адаптаций к диссеминации диаспор *E. subalatus* нами была изучена анатомия перикарпия и проведена оценка участия потенциальных диссеminatивных элементов в распространении этого вида.

Плод *E. subalatus* – многоорешек размером 0.5–1 см, при созревании распадается на плодики. Структура перикарпия различается на разных сторонах плодика. На дорзальной стороне экзокарпий состоит из небольших тонкостенных бесцветных клеток, мезокарпий образован 3–4 слоями крупных паренхимных клеток и проводящими пучками, эндокарпий представлен одним слоем мелких клеток со слабой лигнификацией стенок. На латеральной стороне экзокарпий и эндокарпий устроены так же, как на дорзальной, но число слоев клеток мезокарпия сокращается до одного. На вентральной стороне плодика клетки экзокарпия ориентированы косо по отношению к продольной оси, мезокарпий и эндокарпий в зрелом плоде не развиты. Вентральный шов образован клетками экзокарпия с сильно утолщенными лигнифицированными стенками. Каждый плодик заканчивается крючком – видоизмененным стилодием, практически весь объем которого занимают одревесневшие клетки. От зрелых плодиков крючок легко отделяется.

Мы предполагаем, что за счет мелких размеров диаспор и крючков на их поверхности *E. subalatus* может распространяться гидрохорно и эпизоохорно на внешних покровах околводных птиц, обитающих в регионе его произрастания. В работе был предложен спектр потенциальных диссеminatивных элементов семейства Anatidae (утиные).

*Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН №18-118021490111-5 на базе УНУ «Фондовая оранжерея».*



**Вторичная флоэма *Betula ermanii* Cham. в условиях острова Сахалин**  
Secondary phloem of *Betula ermanii* Cham. in the conditions of Sakhalin Island

Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия  
*anastasiya\_talsk@mail.ru*

Цель – изучение структуры флоэмы *Betula ermanii* в ходе онтогенеза в типичных для вида условиях на острове Сахалин. Материал собран в пихтово-каменноберезовом кустарниково-разнотравном лесу на Сусунайском хребте с 2015 по 2020 гг. Микросрезы, толщиной 10–25 мкм, изготовлены на санном микротоме, окрашены регрессивным методом. Выполнена мацерация тканей коры. Аналитическое исследование проведено методами световой микроскопии.

Вторичная флоэма *B. ermanii* дифференцируется с третьей недели вегетации, состоит из ситовидных трубок, клеток спутниц, аксиальной и лучевой паренхимы. Ситовидные трубки в первые годы одиночные или собраны в группы по 2–3, расположены диффузно. Они имеют простые поперечные или слегка наклонные ситовидные пластинки и лестничные пластинки на боковых стенках. Членики ситовидных трубок связаны с 3–5 клетками спутницами. С 2-х лет образуются ситовидные трубки со сложными лестничными и сетчатыми ситовидными пластинками. К 5 годам аксиальная паренхима имеет более полосчатую структуру, ситовидные трубки располагаются группами между лучевой паренхимой. После 30 лет ситовидные трубки расположены в виде тангенциальных полос 3–4 слоев. Ситовидные пластинки с возрастом становятся длиннее и наклоннее, на боковых стенках пластинки имеют лестничную и сетчатую структуру. С члениками ситовидных трубок связаны 7–9 клеток-спутниц. Лучи во флоэме молодых стеблей гомо- и гетероцеллюлярные, 1–2-рядные, к 5 годам появляются 3-рядные, к 17 годам – 4-рядные. С возрастом лучи в непроводящей флоэме дилатируют, затем склерифицируются. В первые 5 лет происходит уменьшение их числа на 1 мм<sup>2</sup> поперечного среза и уже в 25–30 лет лучей в 1,5–2 раза меньше.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.*

**Трихомы у проростков некоторых представителей семейства Cleomaceae**

Trichomes on the seedlings of some Cleomaceae species

Тарасова М.С.<sup>1,2</sup>, Иванова А.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
*mariia17tarasova@gmail.com*

Морфологические особенности и паттерны распределения трихомов на проростках четырёх видов семейства Cleomaceae: *Arivela viscosa* (L.) Raf., *Cleome amblyocarpa* Barratte & Murb., *Melidiscus gigantea* (L.) Raf. и *Polanisia dodecandra* (L.) DC. были изучены с помощью световой, а также сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии.

У всех изученных видов на проростках обнаружены многоклеточные трихомы, состоящие из нескольких рядов клеток. Трихомы на семядолях существенно крупнее, чем на гипокотиле, часто имеют выраженную округлую головку, на ее поверхности обнаружены капли секрета. Гистохимическое окрашивание показало, что в нем содержатся липофильные компоненты, в том числе терпеноиды.

Клетки головки имеет характерные для секреторных клеток черты ультраструктуры: вакуоли сравнительно некрупные и многочисленные, ядро округлое, располагается в центральной части клетки, пластиды имеют контакты с элементами эндоплазматического ретикулума. Внешний слой наружной клеточной стенки пропитан электронно-плотным веществом.

Обнаружены существенные различия в характере распределения трихомов у изученных видов: у *C. amblyocarpa*, *A. viscosa* и *P. dodecandra* трихомы распределены равномерно на всех частях проростков. Плотность распределения и общее количество трихомов наибольшее у *C. amblyocarpa* и наименьшее у *A. viscosa* из этих трех видов. Кроме того, у *C. amblyocarpa* плотность распределения трихомов на адаксиальной стороне семядоли существенно выше у основания. У *C. amblyocarpa* и *P. dodecandra* трихомы часто сгруппированы попарно. У *M. gigantea* трихомы имеются только на черешках и семядолях в небольшом количестве. Встречаются как однорядные, так и многорядные трихомы с выраженными или не выраженными ножкой и головкой.

Таксономическая значимость выявленных различий требует дальнейшего изучения у большего числа видов.

*Исследование поддержано грантом РФФ № 22-24-01124.*

**Структура перикарпия и возможные способы распространения  
*Drymophloeus pachycladus* (Burret) H.E. Moore (Arecaceae: Arecoideae)**

Pericarp structure and potential ways of dispersal of

*Drymophloeus pachycladus* (Burret) H.E. Moore (Arecaceae: Arecoideae)

Тимченко А.С.<sup>1</sup>, Здравчев Н.С.<sup>1</sup>, Романов М.С.<sup>1</sup>, Бобров А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

ant.tim4enko@yandex.ru

Род *Drymophloeus* включает 7 видов перистолистных пальм малого и среднего размера. Плоды односеменные, некрупные, ярко окрашены в зрелом состоянии.

С целью выявления у диаспор зоохорных растений анатомических признаков, способствующих аттракции распространителей, было проведено изучение плодов *Drymophloeus pachycladus* (Burret) H. E. Moore и установлено, что перикарпий сложен 40–50 слоями клеток. Экзокарпий состоит из одного слоя клеток с гранулированным содержимым из флобафенов. Мезокарпий представлен 35–45 слоями клеток и дифференцирован на три зоны. Периферическая зона состоит из 5–10 слоев паренхимных клеток с небольшими отдельными группами склереид. Средняя зона мезокарпия состоит из 10–15 слоев крупных тонкостенных паренхимных клеток округлой формы, между которыми располагаются секреторные ходы. Внутренняя зона мезокарпия представлена 20–30 слоями уплощенных тонкостенных склереид, среди которых расположены многочисленные проводящие пучки с мощными склеренхимными обкладками, независимые продольные тяжи склеренхимной ткани (аналогичные обкладкам пучков) и отдельные флобафен-содержащие клетки. Эндокарпий состоит из одного слоя коротких палисадных склереид. Жироподобные вещества запасаются в средней зоне мезокарпия, а крахмал не обнаружен.

Выявленные наружная и средняя паренхимные зоны мезокарпия могут обеспечивать потенциальных распространителей питанием, а склеренхимная внутренняя зона мезокарпия в сочетании с эндокарпием обеспечивает защиту семени. Поскольку морфологические признаки плодов *D. pachycladus* указывают на адаптацию к распространению птицами, предполагается, что исследуемый вид распространяется крупными видами птиц или млекопитающими, способными разжевывать эти плоды, не повреждая семени.

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН №18-118021490111-5 на базе УНУ «Фондовая оранжерея».

**Экологическая анатомия листовых суккулентов на примере семейства Crassulaceae**

Ecological anatomy of leaf succulents on the example of the Crassulaceae family

Тимченко К.С.<sup>1</sup>, Васёха Н.Д.<sup>1</sup>, Здравчев Н.С.<sup>2</sup>, Михайлова А.А.<sup>1,2</sup>, Стеванович М.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

kiril.tim4enko@yandex.ru

Под феноменом суккулентности понимаются анатомо-морфологические адаптации растений к климату с дефицитом доступной влаги или нерегулярным осадкам. Разнообразие анатомо-топографической структуры вегетативных органов листовых суккулентов было исследовано нами на примере таксонов Crassulaceae, представляющих регионы с различными экологическими характеристиками. Исследованы представители родов *Sempervivum*, *Sedum* и *Crassula*.

Например, у *Crassula arborescens* (Mill.) Willd. выявлены следующие структурные особенности. Эпидерма листа состоит из мелких уплощенных клеток с неравномерно утолщенными стенками, снаружи они покрыты тонким слоем кутикулы. Под эпидермой прослеживается слой гиподермы, в котором запасы, предположительно, танины. Мезофилл не дифференцирован, но встречаются участки, образованные средними по размеру тонкостенными сферическими хлоренхимными клетками, и участки, образованные тонкостенными четырехгранными клетками гидренхимы. На периферии листа можно заметить гидатоды. По всему объему листа встречаются пучки, состоящие из многочисленных небольших проводящих элементов ксилемы и флоэмы, примерно в равном количестве, окруженные относительно толстой паренхимной обкладкой.

Выявленные у представителей исследованных Crassulaceae различия в анатомической структуре листьев отражают не только таксономическое положение, но также коррелируют с географическим распространением.

**Сравнительная морфология периспория некоторых папоротников порядка Polypodiales**

Comparative perispore morphology of some fern species of the order Polypodiales

Тонкошкуров Д.В.

Тверской государственный университет, Тверь, Россия

danil\_tonkoshkurov@mail.ru

Проведено сравнительное исследование морфологии периспория 10 видов папоротников порядка Polypodiales (по PPG I). Определялись типы макро- и микроскульптуры периспория в соответствии с классификацией Lellinger'a и Taylor'a (1997). Результаты приведены по схеме: название вида (тип макроскульптуры; тип микроскульптуры). Результаты: *Athyrium filix-femina* (гладкая; чешуйчатая), *Cyrtomium falcatum* (бородавчатая; перепончато-перфорированная), *Dryopteris carthusiana* (морщинисто-неясноячеистая; гребенчато-шипиковатая), *D. expansa* (ячеистая; чешуйчатая), *D. filix-mas* (морщинисто-неясноячеистая; чешуйчатая), *Gymnocarpium dryopteris* (вздутая; окончатая), *Matteuccia struthiopteris* (ячеистая; чешуйчатая), *Nephrolepis exaltata* (бородавчатая; чешуйчатая), *Phegopteris connectilis* (сетчатая; зернистая), *Pteridium aquilinum* (гладкая; чешуйчатая).

Выделены новые, ранее не отражённые в классификации типы макро- (морщинисто-неясноячеистая, вздутая) и микроскульптуры (чешуйчатая, перепончато-перфорированная, гребенчато-шипиковатая). Типы макроскульптуры распределены между видами достаточно равномерно; среди вариантов микроскульптуры наиболее распространён чешуйчатый тип. Выявлены две пары видов с одинаковыми комбинациями типов макро- и микроскульптуры: *A. filix-femina* и *P. aquilinum*; *M. struthiopteris* и *D. expansa*. В каждой паре виды принадлежат к разным подпорядкам, что позволяет говорить о гомоплазии.

Исследования морфологии периспория сопряжены с определёнными трудностями: границы между макро- и микроскульптурой, а также между разными типами скульптуры не всегда чёткие; элементы скульптуры одного типа могут внешне различаться; существующая классификация типов скульптуры неполная. Необходимы унификация терминологии для описания морфологии периспория и внесение дополнений в классификацию типов скульптуры с учётом природного разнообразия.

**Семенная продуктивность видов *Salix*, *Chosenia*, *Toisusu* (Salicaceae),  
интродуцированных в Ботаническом саду Петра Великого**Seed productivity of *Salix*, *Chosenia*, *Toisusu* (Salicaceae) species introduced in Peter the Great Botanical Garden

Трофимова А.С., Яндовка Л.Ф.

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

yandovkatgu@mail.ru

Известно более 700 видов семейства Ивовые. При интродукции видов *Salicaceae* семенное размножение часто более эффективно, чем вегетативное. Важный показатель адаптации растений – семенная продуктивность (СП). Потенциальная СП (ПСП) отражает репродуктивные возможности вида; число сформированных семян определяет реальную СП (РСП) (Левина, 1982).

Целью исследования было выявление видов, более успешных в репродуктивном аспекте к местным условиям. Объектами были растения *Salix* (*S. ledebouriana* f. *pyramidale* Trautv., *S. vinogradovii* A. Skvorts., *S. caprea* L., *S. kangensis* Nakai, *S. nipponica* Franch. & Sav., *S. caucasica* Andersson., *S. gmelinii* Pall., *S. cinerea* L., *S. phylicifolia* L.), *Chosenia* (*C. arbutifolia* (Pall.) A. Skvorts.), *Toisusu* (*T. cardiophylla* Trautv. et Mey.), произрастающие в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН. СП определяли на 10 побегах (0,5 м) у каждого вида. Выявлено, что среднее число соцветий на побегах от 9 до 28 шт. По числу цветков в соцветиях лидирует *S. caprea*, min у *S. ledebouriana*. Коробочки содержат от 0 до 3 семян. Число коробочек в соцветии max у *S. gmelinii* (145 шт), min – *S. cinerea* (24 шт). По количеству семян в соцветии лидирует *S. caprea*, min у *S. ledebouriana*. Наименьший коэффициент семинификации (КС) у *S. ledebouriana* (4,4%); max у *S. caucasica*, *C. arbutifolia*, *S. phylicifolia* (74,0-82,5%). Таким образом, *S. phylicifolia*, *S. cinerea*, *S. gmelinii* показали достаточно высокие показатели ПСП, РСП, КС. Вид местной флоры *S. caprea* показал средние значения СП, но его общая продуктивность высокая. Указанные виды могут быть рекомендованы для разведения в Санкт-Петербурге.

**«Выпуклые» корневые волоски осок Среднего Урала**

"Bulbous" root hairs of sedges of the Middle Urals

Тукова Д.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург,  
Россия*daria.tukova@urfu.ru*

Выпуклый или луковичный (ВКВ) тип волосков описан М. Миллером (1999) на видах рода *Carex* L., обитающих в условиях постоянного увлажнения. Основных отличительных черт ВКВ от простых волосков две. Во-первых, разное строение основания волоска, форма которого у ВКВ напоминает луковичу. Во-вторых, у ВКВ недолговечен поглощающий вырост, он быстро слущивается и тогда, вероятно, основание волоска принимает функциональную нагрузку. Такое описание дано М. Миллером при анализе препаратов поглощающих корней осок в продольной плоскости при наблюдении их с поверхности.

Наши результаты, полученные при наблюдении поперечных и продольных срезов корней разных порядков ветвления, не согласуются с представлениями М. Миллера о строении ВКВ у осок. Установлено, что ВКВ представляют собой клетки ризодермы без выростов, клеточные стенки которых со временем утолщаются и лигнифицируются, что приводит к более длительной сохранности этих клеток по сравнению с остальными клетками ризодермы, которые рано или поздно слущиваются. В результате слущивания основной части ризодермы, сохранившиеся клетки ризодермы выглядят как выросты над поверхностью корня. Каких-либо закономерностей расположения ВКВ на поверхности корня не просматривается. Вероятно, для данных клеток необходимо предложить более адекватный термин, например, «долговечные клетки ризодермы». Из 23 проанализированных видов *Carex*, такие клетки описаны у 7 гигрофитных видов – *C. acuta* L., *C. aquatilis* Wahlenb., *C. nigra* (L.) Reichard, *C. pseudocyperus* L., *C. utriculata* Boott, *C. vaginata* Tausch, *C. vesicaria* L. и двух мезофитных – *C. pallescens* L., *C. praecox* Schreb. Такие клетки ризодермы сопутствуют экзодерме и могут встречаться с простыми корневыми волосками. Необходимо дальнейшее изучение этих структур для выявления их функционального значения.

**Сравнительная морфология и систематика базальных представителей семейства Restionaceae R. Br. (Poales)**

Comparative morphology and systematics of basal Restionaceae R. Br. (Poales)

Фомичев К.И.

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

*constantin.fomichev@gmail.com*

По современным представлениям *Anarthria* R. Br., *Hopkinsia* W. Fitzg. и *Lyginia* R. Br. формируют кладу в пределах семейства Restionaceae и вместе образуют подсемейство Anarthrioideae. В связи с отсутствием детальных данных сравнительной морфологии по всем трем родам, изучение Anarthrioideae является важным как для понимания эволюции Restionaceae, так и всего порядка Poales.

Гинецей *Anarthria* и *Lyginia* образованы тремя сросшимися плодолистиками, гинецей *Hopkinsia* состоит из одного-единственного плодолистика. Андроец тримерный, со свободными тычиночными нитями у *Anarthria* и *Hopkinsia* и с конгенитально сросшимися у *Lyginia*. Тычиночные нити *Anarthria* длинные и тонкие, пыльники свешиваются за пределы открытого околоцветника, у двух других родов тычиночные нити длинные и массивные, в связи с чем пыльники экспонируются за пределы нераскрывающегося околоцветника за счет удлинения тычиночных нитей.

Разнообразие в устройстве вегетативных органов Anarthrioideae в первую очередь связано с деталями морфологии и анатомии листьев. В месте перехода влагалища в мечевидную или нитевидную пластинку у части видов *Anarthria* развита хорошо выраженная лигула. Наличие крупной лигулы является видоспецифическим признаком. Проведенные исследования в области молекулярной филогенетики позволили впервые получить данные о последовательности ядерного участка ITS у Restionaceae, а в совокупности с пластидными маркерами и данными по сравнительной морфологии сделать вывод, что вид *A. gracilis* R. Br. в его традиционном понимании не является естественным таксоном, а в действительности объединяет три отдельных вида.

*Работа завершена при поддержке РФФИ (проект 20-34-90162).*



**Влияние выпаса на структуру листьев *Allium anisopodium* L. в Южной Сибири**Effect of grazing on the leaf structure of *Allium anisopodium* L. in Southern Siberia

Шинэхуу Т.

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

s.tumurzhav@utmn.ru

В последние годы исследования показали, что экосистемы бассейна озера Байкал значительно изменяются при возрастающем антропогенном воздействии, в частности, под влиянием выпаса. Возможность растений адаптироваться к антропогенной трансформации сообщества зависит от способности вида к изменению морфологических параметров в ответ на действие стресса. В связи с этим, актуальным является изучение пределов варьирования параметров в ненарушенных сообществах и в условиях разной степени выпаса. В настоящее время род *Allium* L. рассматривается как крупнейший в семействе Amaryllidaceae и, по разным данным, насчитывает около 1000 видов по всему миру. Виды рода *Allium* широко распространены в степных сообществах Сибири. *Allium anisopodium* L. является травянистым многолетним луковичным растением с сочными суккуленто-подобными листьями, с широким ареалом в степях в Южной Сибири (Россия), Монголии и Китая. Целью работы было проведение сравнительного анализа изменения морфологии и анатомии листьев *A. anisopodium* под действием выпаса. Нами были изучены структурные параметры листьев *A. anisopodium* в трех сообществах Западного Забайкалья с разной степенью нарушенности – ненарушенное (контроль), средней степени деградации и перевыпас. С увеличением пастбищной нагрузки у листьев лука выявлено увеличение толщины и плотности листа. Объем клетки мезофилла изменялся в зависимости от степени нарушения – минимальный объем клетки 23 тыс. мкм<sup>3</sup> наблюдали в отсутствии выпаса, максимальные размеры клеток 37 тыс. мкм<sup>3</sup> обнаружены при средней степени деградации и при перевыпасе размеры клетки снова снижались до 28 тыс. мкм<sup>3</sup>. Число хлоропластов в клетке у *A. anisopodium* было больше в условиях выпаса, что приводило к увеличению числа пластид в единице площади листа и увеличению фотосинтетического потенциала. Сделан вывод о важном значении параметров листьев лука как индикаторов адаптации к выпасу.

**Изменчивость эпидермы мезоморфных *Stenopoa* Dumort. на территории Западной Сибири**Variability of the epidermis of mesomorphic *Stenopoa* Dumort. in Western Siberia

Шипоша В.Д., Олонова М.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

lera.forester@mail.ru

Мезоморфные мятлики секции *Stenopoa* – наиболее древняя и широко распространенная группа, основу которой составляют *Poa palustris* L. и *P. nemoralis* L. За долгую историю существования эти виды гибридизировали не только между собой, но, похоже, и с другими видами, образовав в разной степени стабилизовавшиеся популяции неясного ранга и родства.

Сложность изучения злаков (в частности, мятликов) состоит в том, что строение вегетативных и репродуктивных органов чрезвычайно однообразно, невелико число признаков для систематики и число их состояний. Все это заставляет искать новые признаки, пригодные для детерминации таксонов. Между тем методы анатомических исследований (листовой пластинки) находят широкое применение в систематике и диагностике злаков. Для разграничения мятликов секции нередко используются признаки стеблевой эпидермы, однако специальных исследований по оценке этих признаков до сих пор не проводилось. Наибольшую ценность для систематики представляют качественные признаки, являющиеся индикаторами генетического родства.

Целью настоящей работы было изучение изменчивости признаков эпидермы мезоморфных мятликов секции для оценки возможности их использования для систематики и диагностики. Проведенные исследования позволили выявить ряд качественных признаков, различающих эти две эволюционные ветви. Были исследованы стебли под метелкой и под узлами в нижней части стебля, влагалища нижних листьев, ось колоска и нижние цветковые чешуи. В результате было выявлено 5 вариантов эпидермы под метелкой, 5 вариантов строения стеблей под нижними узлами, 4 варианта строения эпидермы влагалищ нижних листьев, 5 вариантов строения эпидермы оси колоска.

Исследования поддержаны грантом РФФ № 21-74-00064.

**Inflorescence and flower morphology and development in *Burmannia* (Burmanniaceae, Dioscoreales)**Морфология и развитие соцветий и цветков в роде *Burmannia* (Burmanniaceae, Dioscoreales)

Yudina S.V.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*yudina.sophia@gmail.com*

The genus *Burmannia* is represented by both photosynthetic and mycoheterotrophic achlorophyllous plants distributed in tropical and subtropical areas. Elaborate flowers of *Burmannia* are bisexual, actinomorphic, trimerous and usually tetracyclic, bearing prominent floral tube with large longitudinal ribs. Inner tepals are seemingly lacking in mature flowers of several species.

Although floral characters are important for taxonomy and understanding of biology and evolution of *Burmannia*, some structural aspects are known insufficiently. We provide comprehensive analysis of inflorescence structure and floral anatomy and development for eight species of *Burmannia* with different life strategies (autotrophic, fully mycoheterotrophic, partially mycoheterotrophic).

In *Burmannia*, the floral tube consists of a hypanthium (from the tube base to the level of stamen attachment) and a perianth tube (above the level of stamens, bearing free perianth lobes). Early floral development shows presence of inner tepals in all studied species, but in *B. oblonga* their growth is arrested almost immediately after initiation, so that mature flowers of this species lack any traces of the inner tepal lobes. The gynoecium of *Burmannia* possesses synascidiate, symplicate and asymplicate zones; the symplicate zone is secondary trilocular. The border between synascidiate and symplicate zones (i.e. the cross zone) is hard to recognize due to the perfect postgenital fusion in the basal part of the symplicate zone. For this reason, in our interpretation we used the shape of the placentas (bilobed in symplicate zone and solid in synascidiate one) and developmental data as criteria for zone delimitation. Species of *Burmannia* reveal diversity of stamen-style interactions. The stamens are either tightly appressed to the style remaining free from it, or postgenitally fused with the style by their connectives forming a gynostegium.

*The work was supported by the Russian Science Foundation (project 21-74-10006).*

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абрамова Л.М. ....	93, 158	Вислобоков Н.А. ....	159
Аверина С.Г. ....	121	Вишняков В.С. ....	46
Аверьянов Л.В. ....	5	Владимиров И.А. ....	110
Айтымбет Ж. ....	128, 135	Владыкина В.Д. ....	129
Алексеев В.Ю. ....	100, 119, 122	Власов Д.Ю. ....	51
Алилова О.Р. ....	89	Власова И.И. ....	154, 163
Андреев А.Е. ....	144	Воденеева Е.Л. ....	48
Анисимова Г.М. ....	43	Войцеховская О.В. . 7, 47, 102, 105, 111, 114, 116, 120, 124	
Анисимова О.К. ....	123	Войцеховская С.О. ....	65
Антонец К.С. ....	7, 29	Волкова Е.А. ....	93
Антропов Д.О. ....	107	Волкова Е.М. ....	77
Арушанян Г.С. ....	55	Волобуев С.В. ....	8, 130, 134
Асылбек А.М. ....	128, 135	Вольховский А.В. ....	56
Афошин Н.В. ....	150	Гаврилова К.С. ....	90
Бабенко Д.А. ....	150	Гаврилова О.А. ....	91
Бабро А.А. ....	43	Гагарина Л.В. ....	93
Бакаева Ю.В. ....	63	Гадаборшева М.А. ....	130
Бакалин В.А. ....	92, 146	Галибина Н.А. ....	106, 109, 116, 117, 125, 150, 162
Бакулин С.Д. ....	100	Ганасевич Г.Н. ....	65
Батова Ю.В. ....	108	Ганнибал Ф.Б. ....	131
Беликов А.С. ....	150	Ганчева М.С. ....	103, 113
Беляева Н.Г. ....	24	Гасина М.И. ....	131
Беляков Е.А. ....	151	Гладкова Л.И. ....	78
Бердиева М.А. ....	52	Гмошинский В.И. ....	137
Бердников Р.В. ....	111	Гнеденко А.Е. ....	66
Берестецкий А.О. ....	113	Гнутиков А.А. ....	33
Берсанова А.Н. ....	89	Гогорев Р.М. ....	53
Бертова А.Д. ....	101, 102, 104, 126	Гольдштейн М.С. ....	67
Билая Н.А. ....	63	Гомжина М.М. ....	113, 131
Билова Т.Е. ....	123	Горин К.К. ....	47
Биркемайер К. ....	48, 50, 54	Горнов Д.А. ....	91
Бобров А.В. ....	156, 157, 158, 164	Горьков В.И. ....	104
Богданова Д.В. ....	96	Горяев И.А. ....	68
Богданова Я.И. ....	151	Губина А.М. ....	68
Богданова Я.О. ....	152	Гулк Е.И. ....	48
Богомаз Д.И. ....	110	Гусар А.С. ....	96
Болдина О.Н. ....	47	Гусев Е.М. ....	97
Болотникова О.И. ....	121	Гусева Е.Д. ....	16, 104, 110
Большаков С.Ю. ....	129, 138	Давыдов Д.А. ....	51
Бордей Р.Х. ....	96	Далинова А.А. ....	113, 114, 124
Боровиков Д.Н. ....	55	Даминова А.Г. ....	154
Бородина М.Н. ....	117	Данилов Л.Г. ....	145
Бортникова Н.А. ....	32, 137	Данилова А.Д. ....	69
Бочарников М.В. ....	64	Девятова Е.А. ....	85, 93
Бочков Д.А. ....	90	Демченко К.Н. ....	16, 104, 110
Булавин И.В. ....	101	Деркач Е.С. ....	69
Булдакова Е.В. ....	64	Диярова Д.К. ....	129
Бурханова Г.Ф. ....	100, 118, 119, 122	Дмитриева В.А. ....	105, 120
Буснюк Д.А. ....	102	Добронравина В.Н. ....	155
Валиева А.К. ....	153	Добрынина А.С. ....	138
Ванисов С.А. ....	102	Добычина Е.О. ....	105
Вардуни Т.В. ....	100	Домашкина В.В. ....	105, 155
Васёха Н.Д. ....	153, 156, 158, 162, 164	Донских Е.И. ....	111
Васильев А.С. ....	123	Дроздова И.В. ....	47
Васильченко Д.В. ....	46	Дронова В.А. ....	132
Вацерионова Е.О. ....	154	Дубовец Н.И. ....	108
Величко Н.В. ....	51, 121	Дубовик В.Р. ....	113
Велле С.В. ....	155	Дубровин Д.И. ....	70
Веселова С.В. ....	100, 118, 119	Дубровский М.Д. ....	106
Вильнет А.А. ....	51	Дудка В.А. ....	132
Виноградов А.А. ....	64		

Дьякова В.Д. ....	56	Киселёв М.О. ....	110
Дьячкова Т.В. ....	72	Киселева Е.И. ....	111
Евкайкина А.И. ....	102	Климова К.Г. ....	92
Емельянов В.В. ....	10, 101, 102, 106, 121	Клюшева В.И. ....	58
Емелянов В.В. ....	104	Колесникова Е.О. ....	111
Еремеева Е.Ю. ....	57, 58, 59, 60, 61	Комиссаров А.С. ....	145
Еремкина Т.В. ....	50	Кондратьева А.В. ....	112
Ермилова Е.В. ....	11, 52, 112	Кондратьева А.О. ....	158
Ермолаева О.Ю. ....	100	Копанина А.В. ....	154, 163
Ершова М.А. ....	106, 109, 116, 117, 125	Копейна Е.И. ....	73
Есина И.Г. ....	91	Коптелова Е.И. ....	145
Етылина А.С. ....	70	Копцева Е.М. ....	20, 75
Ефимов П.Г. ....	11	Кораблёв А.П. ....	22, 74, 79
Ефимова Д.И. ....	156	Корбут Д.Е. ....	50
Ефремов Г.И. ....	107	Корженевский М.А. ....	106, 116
Жарова Д.А. ....	47	Коржиневская А.А. ....	74
Жидкин Р.Р. ....	107	Коржова М.А. ....	117
Жу Ш. ....	24	Корзников К.А. ....	24
Жуйкова Е.В. ....	133	Королева Н.Е. ....	69, 73
Жуйкова О.А. ....	121	Костикова В.А. ....	59
Журова Д.А. ....	48	Котина Е.Л. ....	151
Залуцкая Ж.М. ....	112	Котлов И.П. ....	24
Замолодчиков Д.Г. ....	14	Котлова Е.Р. ....	115
Замяткина Е.Б. ....	48	Котлярова Е.В. ....	74
Занина М.А. ....	61	Крапивина Е.А. ....	130
Здравчев Н.С. ....	153, 156, 157, 162, 164	Кременецкая М.В. ....	75
Зеленская М.С. ....	120	Кручинина Ю.В. ....	145
Зибарев Н.В. ....	37	Кудренко М.Г. ....	135
Золина А.А. ....	143	Кузнецова Д.А. ....	75
Зубов И.А. ....	63, 86	Кузьменко И.П. ....	97
Зубова Е.А. ....	57	Кузьмичева Е.А. ....	83
Зуева А.С. ....	92	Кукуричкин Г.М. ....	96
Зуева Н.В. ....	80	Кулизин П.В. ....	48
Зуй Е.С. ....	49, 50	Куликова А.В. ....	97
Иванов П.А. ....	57	Курагина Н.С. ....	131, 132, 135, 139
Иванова А.Н. ....	47, 163	Кушневская Е.В. ....	67, 84, 87
Иванова Д.Д. ....	133	Кызметова Л.А. ....	128, 135
Иванова Д.С. ....	150, 162	Лавриненко И.А. ....	25
Иванова К.В. ....	76	Лапина А.М. ....	76
Иванова Н.Н. ....	101	Лапина А.Ю. ....	93
Иванушенко Ю.Ю. ....	134	Лапина Т.В. ....	52
Игнатенко А.А. ....	108	Лапшина Е.Д. ....	65
Игнатенко Р.В. ....	109, 125	Леко Н.С. ....	112
Изатулла Ж.И. ....	99	Леонова О.А. ....	77
Измайлова А.Т. ....	130	Леострин А.В. ....	93
Ильина Е.Л. ....	16, 104, 110	Липихина Ю.А. ....	77
Ильченко А.С. ....	58	Локк И.Э. ....	159
Ильюшин В.А. ....	134	Лопаткин А.А. ....	140
Иовлев П.С. ....	157	Лосев М.Р. ....	113
Исаева Д.Д. ....	71	Лукина Е.Г. ....	113
Исламова Р.Т. ....	49, 50	Лукинский Ю.В. ....	114
Кадетов Н.Г. ....	66	Лутова Л.А. ....	103, 113
Казнина Н.М. ....	108	Любарова А.П. ....	143
Калинина Л.Б. ....	16	Лянгузова И.В. ....	81
Калиновская А.Г. ....	71	Макарова А.Е. ....	115, 160
Карпунина П.В. ....	157	Макарова Л.И. ....	98
Карсонова Д.Д. ....	72	Максимов И.В. ....	100, 118, 119
Картбаева А.А. ....	72	Маловичко Ю.В. ....	7
Кашин А.С. ....	158	Мальцева Н.К. ....	98
Кем К.Р. ....	109	Мальцева Ю.Д. ....	146
Кирпичникова А.А. ....	112	Манжиева Б.С. ....	115
Кирцидели И.Ю. ....	18	Марченко О.В. ....	16
Кирюшкин А.С. ....	16, 104, 110	Масловская О.В. ....	78
Киселёв Г.А. ....	106	Матвеева Т.В. ....	107, 147



Медведев С.С. ....	123	Примаков П.А. ....	81
Минибаева Ф.В. ....	154	Приходько И.С. ....	32, 137
Миннигалиева А.Ф. ....	118	Прокин А.М. ....	115, 160
Митина Г.В. ....	141	Прохоров В.Е. ....	88
Михайлова А.А. ....	158, 162, 164	Пузанский Р.К. ....	52, 106
Михайлова А.Н. ....	153	Пучкова В.А. ....	16
Мишарев А.Д. ....	115	Рабочая Д.Е. ....	51
Молчанова Д.А. ....	78	Рассабина А.Е. ....	154
Мошников С.А. ....	150, 162	Рафикова О.С. ....	82
Моценская Ю.Л. ....	106, 116, 117	Рахимова Е.В. ....	128, 135
Муравник Л.Е. ....	28	Ремизова М.В. ....	40
Мурзагалиева А.Р. ....	56	Рогов А.М. ....	154
Муркина П.Д. ....	78	Роговенко А.А. ....	61
Муртузова А.В. ....	116	Родина О.А. ....	51
Мырзабекова Д.К. ....	99	Родионов А.В. ....	33
Насонова Е.С. ....	52	Рожнов В.В. ....	24
Невядомская Л.А. ....	59	Романов М.С. ....	156, 157, 158, 164
Некрасов Т.Л. ....	79	Романова М.А. ....	155
Некрасова Д.А. ....	117	Романюк Д.А. ....	112
Немчинов Н.М. ....	67	Рудаков В.В. ....	82
Несен Л.Н. ....	71	Рудыкина Е.А. ....	138
Нечаева Е.А. ....	58	Рулева А.А. ....	56
Нешатаев В.В. ....	79	Румянцев С.Д. ....	100, 118, 119
Нижников А.А. ....	7, 29	Рыжик И.В. ....	105
Никандрова Е.С. ....	159	Рыжова Л.Ю. ....	120
Никерова К.М. ....	116, 117	Рябуха У.А. ....	161
Никитин М.Ю. ....	30	Рябухина М.В. ....	72
Николаева Л.А. ....	159	Савина К.А. ....	83
Новожилов Ю.К. ....	32, 137	Сагалаев В.А. ....	131, 132
Носов Н.Н. ....	33	Садьков Р.Э. ....	138
Нужная Т.В. ....	118	Сазанова К.В. ....	120
Овчинников И.А. ....	119	Саидов Н.Т. ....	95
Овчинникова Ю.А. ....	160	Самойлова Е.В. ....	139
Озерова С.Д. ....	69	Сандлерский Р.Б. ....	24
Олонова М.В. ....	167	Саодатова Р.З. ....	98
Орехова И.А. ....	55	Сафонов П.Ю. ....	52
Орлова Е.Р. ....	80	Сахно Т.М. ....	101
Орлова Л.В. ....	144	Сахоненко А.Н. ....	99
Охапкин А.Г. ....	48	Северова Е.Э. ....	83
Павлова О.А. ....	110	Семенова Л.И. ....	150, 162
Паломожных Е.А. ....	139	Сенатская Е.В. ....	121
Панова Е.Г. ....	51	Сеник С.В. ....	115
Панькова И.Г. ....	136	Серкова А.А. ....	162
Паринова Т.А. ....	68, 75	Сидякин А.И. ....	101
Пархоменко А.С. ....	158	Скворцов К.И. ....	83
Пастушенко А.Д. ....	94	Слугина М.А. ....	107
Петрова А.А. ....	154	Служенко А.С. ....	56
Петрова Н.В. ....	59	Смирнов П.Д. ....	102, 121
Пивоварова Н.С. ....	117	Смирнова Е.Б. ....	55
Пименов В.Е. ....	80	Смирнова Е.В. ....	84
Пиневич А.В. ....	121	Смоликова Г.Н. ....	123
Пичугин С.А. ....	67	Смышляева О.И. ....	84
Повыдыш М.Н. ....	35, 58, 117	Снигиревский С.М. ....	38, 143
Погостина Д.Д. ....	136	Соколов Д.Д. ....	40
Пожванов Г.А. ....	37, 123	Соколова В.В. ....	97
Поздняков И.А. ....	52	Соколова М.А. ....	85
Полежаева М.А. ....	149	Сорокань А.В. ....	122
Политаева Н.А. ....	37	Сорокин А.Н. ....	153
Полошевец Т.В. ....	81	Сорокина И.А. ....	85, 93
Полякова Е.Ю. ....	121	Софронова И.Н. ....	117
Попов П.Р. ....	60	Старцева Н.А. ....	48
Попова В.В. ....	123	Статинов В.Р. ....	52
Попыванов Д.В. ....	137	Стеванович М.Б. ....	153, 158, 162, 164
Потапов К.О. ....	138	Сукристик В.А. ....	85

Сухов В.С. ....	105	Чудаев Д.А. ....	53
Сыбабеккызы Г. ....	128, 135	Чустрок И.С. ....	144
Сырова В.В. ....	115, 160	Шабалкина С.В. ....	160
Тальских А.И. ....	163	Шаварда А.Л. ....	59
Тарасова М.С. ....	163	Шамров И.И. ....	43
Тараховская Е.Р. ....	48, 49, 50, 54	Шанин В.Н. ....	42
Тарелкина Т.В. ....	150, 162	Шапиро А.А. ....	126
Татьянина Е.О. ....	156	Шарагина Е.М. ....	48
Тимченко А.С. ....	164	Шарова Е.И. ....	123
Тимченко К.С. ....	153, 158, 162, 164	Шевелева О.А. ....	46
Тихонова Ю.А. ....	139	Шелоп В.В. ....	61
Тонкошкуров Д.В. ....	165	Шелудякова М.Б. ....	148
Торгашкова О.Н. ....	150, 156	Шелуха В.В. ....	87
Троицкий А.В. ....	146	Шиков А.Е. ....	7, 126
Трофимова А.С. ....	165	Шилова И.В. ....	158
Трошкина В.И. ....	146	Шинэхуу Т. ....	167
Тукова Д.Е. ....	166	Шипоша В.Д. ....	167
Туми А. ....	37	Широких А.А. ....	137
Тюрин В.Н. ....	71, 78	Широков А.И. ....	115, 160
Тютерева Е.В. 41, 47, 102, 105, 111, 114, 116, 120, 124		Шишова М.Ф. ....	104, 112, 126
Уварова Д.А. ....	140	Шмараева А.Н. ....	97, 98
Урманов Г.А. ....	128, 135	Шоева О.Ю. ....	118
Уткин А.Д. ....	123	Шхагапсоев С.Х. ....	89
Филиппова А.В. ....	72, 85, 93	Щепин О.Н. ....	32, 45
Филиппова Н.В. ....	138	Эль Е.С. ....	148
Филюшин М.А. ....	123	Эрнандес-Бланко Х.А. ....	24
Фирсов Г.А. ....	42	Юмагужина А.Р. ....	88
Фокин Н.В. ....	86	Юнусова Д.Р. ....	149
Фомичев К.И. ....	40, 166	Юрчак М.И. ....	53
Фрейдин Г.Л. ....	87	Юсова Е.Д. ....	62
Фролов А.А. ....	123	Явид Е.Я. ....	124
Фролов П.В. ....	42	Яндовка Л.Ф. ....	165
Хабаров В.А. ....	57	Яньшин Н.А. ....	50, 54
Хакимов Э.Р. ....	72	Яцына А.П. ....	142
Ханина Л.Г. ....	130	Ячменникова А.А. ....	24
Хафизова Г.В. ....	147	Borisenko T.A. ....	152
Ходонович В.В. ....	124	Chekunova E.M. ....	103
Храмцов В.Н. ....	93	Cherepenina D.A. ....	127
Хрипко И.Г. ....	140	Islomiddinov Z.Sh. ....	127
Цветкова П.С. ....	124	Ismailov A.B. ....	128
Цветкова Ю.В. ....	140	Koteyeva N.K. ....	152
Цеплик Н.Д. ....	53	Macfarlane T.D. ....	40
Чепурнов Г.Ю. ....	145	Morozov G.A. ....	152
Черепанова Е.А. ....	100	Rudall P.J. ....	40
Черепанова М.А. ....	141	Sizova I.A. ....	103
Черенькова Т.В. ....	24	Turdiboev O. ....	144
Чиненко С.В. ....	107	Verbenko V.N. ....	103
Чирва О.В. ....	106, 109, 116, 125	Virolainen P.A. ....	103
Чистополова М.Д. ....	24	Voznesenskaya E.V. ....	152
Чоглокова А.А. ....	141	Yudina S.V. ....	168
Чохели В.А. ....	100	Zhurbenko P.M. ....	152

## СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ И СЕКЦИОННЫЕ ЛЕКЦИИ .....	5
АЛЬГОЛОГИЯ .....	46
БОТАНИЧЕСКОЕ РЕСУРСОВЕДЕНИЕ .....	55
ГЕОБОТАНИКА .....	63
ГЕОГРАФИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ .....	89
ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ .....	96
КЛЕТОЧНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И МЕТАБОЛИЗМ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ .....	100
МИКОЛОГИЯ И ЛИХЕНОЛОГИЯ .....	127
ПАЛЕОБОТАНИКА .....	143
СИСТЕМАТИКА И ФИЛОГЕНИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ .....	144
СТРУКТУРНАЯ БОТАНИКА .....	150
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ .....	169