

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РУССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

# **Проблемы изучения растительного покрова Сибири**

Труды VII Международной научной конференции,  
посвященной 135-летию Гербария им. П.Н. Крылова  
Томского государственного университета  
и 170-летию со дня рождения П.Н. Крылова

*(Томск, 28–30 сентября 2020 г.)*

Томск  
Издательство ТГУ  
2020

NATIONAL RESEARCH TOMSK STATE UNIVERSITY  
TOMSK BRANCH OF THE RUSSIAN BOTANICAL SOCIETY

# **Problems of studying the vegetation cover of Siberia**

Proceedings of the VII International Scientific Conference,  
dedicated to the 135<sup>th</sup> anniversary of the P.N. Krylov Herbarium  
of Tomsk State University and the 170<sup>th</sup> anniversary  
of P.N. Krylov

*(Tomsk, September 28–30, 2020)*

Tomsk  
TSU Press  
2020

УДК 58  
ББК 28  
П70

П70 Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Труды VII Международной научной конференции, посвященной 135-летию Гербария им. П.Н. Крылова и 170-летию со дня рождения П.Н. Крылова (Томск, 28–30 сентября 2020 г.). – Томск : Издательство ТГУ, 2020. – 174 с.; ил.

ISBN 978-5-94621-927-3

В 2020 г. исполняется 135 лет со времени создания Гербария в Императорском Томском университете и 170 лет со дня рождения основателя Гербария – Порфирия Никитича Крылова. В сборнике представлены материалы VII Международной научной конференции «Проблемы изучения растительного покрова Сибири», посвященной двум этим знаменательным датам. Всю свою жизнь П.Н. Крылов посвятил разностороннему изучению растительного покрова Сибири, поэтому предметом обсуждения на конференции стали самые разнообразные вопросы ботанических исследований. Отражены вопросы сохранения и развития ботанических коллекций, актуальные проблемы изучения флоры и растительности, современные проблемы и методы систематики растений, исследования в области биологии и экологии растений, вопросы охраны и рационального использования видов сибирской флоры. Авторами публикуемых материалов являются ботаники из России, Казахстана, Молдовы, Германии, Польши.

Для специалистов в области ботаники, экологии, охраны природы, аспирантов и студентов биологических специальностей вузов.

УДК 58  
ББК 28

*Сборник рекомендован к печати  
Томским отделением Русского ботанического общества*

Проведение конференции поддержано Российским фондом фундаментальных исследований  
(грант № 20-04-22003 онлайн-конференции)

*Материалы печатаются в авторской редакции*

ISBN 978-5-94621-927-3

© Авторы статей, 2020  
© Томский государственный университет, 2020

UDC 58  
LBC 28  
P70

P70 Problems of studying the vegetation cover of Siberia: Proceedings of the VII International conference, dedicated to the 135<sup>th</sup> anniversary of the P.N. Krylov Herbarium of Tomsk State University and 170<sup>th</sup> anniversary of P.N. Krylov (Tomsk, September 28–30, 2020). – Tomsk : TSU Press, 2020. – 174 p.; figs.

ISBN 978-5-94621-927-3

In 2020, it is 135 years since the foundation of the Herbarium at the Imperial Tomsk University and 170 of the birth of the Herbarium founder Porfiry Nikitich Krylov. This conference book includes materials of the VII International Scientific Conference “Problems of Studying the Vegetation Cover of Siberia”, dedicated to these two significant dates. P.N. Krylov devoted his life to the study of the vegetation cover of Siberia, therefore very different questions of botanical researches became the subjects of discussion at the conference. The problems of storage and development of botanical collections, actual problems of the study of flora and vegetation, modern problems and methods of plant taxonomy, research in the field of plant biology and ecology, questions of protection and rational use of species of Siberian flora are reflected. The authors of the published materials are botanists from Russia, Kazakhstan, Moldova, Germany, and Poland.

For specialists in the field of botany, ecology, nature protection, graduate students and students of biological specialties of Universities.

UDC 58  
LBC 28

*The Proceedings are recommended for publication by the Tomsk Branch of the Russian Botanical Society*

The conference was supported by the Russian Foundation for Basic Research  
(project No 20-04-22003 online-conference)

*Materials are published in the author's edition*

ISBN 978-5-94621-927-3

© Authors, 2020  
© Tomsk State University, 2020

## Коллекторы флоры Сибири: к 135-летию основания Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета

И.И. Гуреева, Н.В. Курбатская

*Томский государственный университет, Томск, Россия; gureyeva@yandex.ru*

**Аннотация.** Приведен краткий обзор экспедиционных исследований, сборы из которых формируют коллекционный фонд четырех отделов Гербария им. П.Н. Крылова – Западной, Приенисейской и Восточной Сибири, Тувы и Монголии. Названы основные коллекторы, места и годы сборов. В формировании гербарного фонда флоры Сибири принимали участие около 1800 ботаников – сотрудников Томского государственного университета и других учреждений, заметный вклад в сбор коллекций внесли студенты ТГУ.

**Ключевые слова:** Гербарий имени П.Н. Крылова, гербарные коллекции, коллекторы, Сибирь.

## Collectors of P.N. Krylov Herbarium: to the 135 anniversary of the Herbarium foundation

I.I. Gureyeva, N.V. Kurbatskaya

*Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; gureyeva@yandex.ru*

**Abstract.** A brief overview of expeditionary studies, the collections of which form the collection fund of four sectors of P.N. Krylov Herbarium. The main collectors, places and years of collection are named. More than 1600 botanists, who worked in Tomsk State University and other institutions took part in the formation of the herbarium fund of the flora of Siberia; TSU students made a great contribution to the gathering of collections.

**Key words:** P.N. Krylov Herbarium, herbarium collections, collectors, Siberia.

Гербарий Томского государственного университета летом 2020 г. исполнилось 135 лет. История Гербария началась в августе 1885 г., когда в Императорский Томский университет для организации Ботанического сада и Ботанического музея прибыл ученый садовник Ботанического сада Императорского Казанского университета П.Н. Крылов. Ботанический музей Томского университета фактически с самого начала действовал как Гербарий, основной целью которого является накопление коллекций для изучения растительного покрова. В начале своей деятельности в Томском университете П.Н. Крылов опубликовал в Приложении ко 2-му Циркуляру по Западно-Сибирскому учебному округу обращение «От ботанического музея Сибирского университета», содержание которого остается актуальным и в настоящее время. В этом обращении определены цели и задачи Гербария вообще и Ботанического музея (Гербария) Томского университета в частности, подчеркнута важность собирания и накопления коллекций для определения флористического богатства территорий, приведена подробная инструкция по сбору и сушке растений.

Текст этого обращения доступен малому кругу ботаников, в то же время слова П.Н. Крылова звучат удивительно современно, поэтому нам хочется привести их дословно. Он писал: «Изучение отечественной природы, составляющее бесспорно самую первоначальную потребность каждой цивилизованной страны, далеко не доведено еще в России до удовлетворительного состояния и русской науке предстоит в этом отношении еще много труда и забот. Особенно Сибирь и другие азиатские владения России представляются неизвестными по отношению тех или других вопросов естествознания. Одной из таких задач является вопрос о растительности страны, разрешенный до известной степени лишь для немногих пунктов преимущественно на окраинах Сибири. Причиной этого является совместно с обширностью района, слишком несоответственная малочисленность специалистов-ботаников, посвящающих свою деятельность на изучение флоры нашего отечества. Но дело приняло бы совсем иной оборот, если бы к этим немногим специалистам примкнуло образованное население края и оказало бы им свою посильную помощь собиранием фактического материала, т.е. образцов растений. [...] Если затем собранный таким образом материал был бы сгруппирован в одном центре, например, в ботаническом музее нарождающегося Сибирского университета, то обработка его была бы уже под силу и тем немногим ботаникам, которые имеются у нас на Руси, вследствие чего дело изучения флоры Азиатской России могло бы быстро продвигаться вперед». [...] Кроме пользы, какая ожидается от указанных ботанических коллекций для изучения растительности Азиатской России, эти коллекции явились бы богатым вкладом в ботанический музей Сибирского университета, где могли бы служить делу образования и в качестве предмета учебного

пособия. [...] Для изучения флоры какой-либо страны особенно желательным является знать по возможности полный состав растительности в возможно большем числе пунктов на протяжении исследуемой страны, следовательно, чем более число сотрудников и чем полнее собранные ими коллекции, тем ближе к цели» (Крылов, 1886).

В настоящее время фонд Гербария им. П.Н. Крылова включает более 500 тыс. гербарных листов и является одним немногих наиболее крупных в России. И в год 135-летнего юбилея Гербария нам хотелось бы назвать коллекторов Гербария, без кого не существовало бы нынешней его коллекции.

Первой коллекцией, появившейся еще до основания музея была ботаническая коллекция, собранная ботаником Ф.Р. Чельманом (F.R. Kjellman) в Сибирской Арктике во время третьей экспедиции Н.А.Э. Норденшельда (N.A.E. Nordenskiöld) на корабле «Вега» 1878–1880 гг. (Vega-Expeditionen, 1878–80); коллекция была передана в 1882 г. устройтелю Императорского Томского университета В.М. Флоринскому сибирским предпринимателем и меценатом А.М. Сибиряковым, взявшим на себя почти половину расходов на снаряжение экспедиции. П.Н. Крылов привез для основания музея дубликаты своих сборов, сделанных во время работы в Казанском университете, и гербарий, собранный по пути из Казани в Томск, в частности из окрестностей Тюмени и других мест Тобольской губернии. После 1885 г. и особенно после публикации «Обращения» поступила еще 31 коллекция, в том числе: от директора Томской губернской мужской гимназии коллекция Г.Н. Потанина из Тарбагатая и Призайсанского края, от директора Алексеевского Томского реального училища Г.К. Тюменцева его сборы из окр. Телецкого озера и сборы Тюменцевой из окр. Томска, коллекции Засса из окр. Салаирского рудника, Ермолаева из окр. Гурьевского завода, А.И. Туполева из окр. Белокурихи, Сухова из долины р. Черги и Егорычева из окр. Минусинска; от директора Омской учительской семинарии коллекция, собранная учащимися училища в Тобольской губернии (Открытие ..., 1888). 20 коллекций поступило от частных лиц: коллекция Г.П. Андреева из Минусинского уезда Енисейской губернии, включавшая 900 листов, приобретенная потомственным почетным гражданином г. Томска А.Ф. Толкачевым и переданная в университет, сборы учителя Уджарского приходского училища Е. Замятина из окр. ст. Урджарской Семиреченской обл., переданные инспектором народных училищ Семиреченской области управляющему Западно-Сибирским учебным округом О. Гаазе для ботанического музея Томского университета (Томские музеи, 2010), сборы А.А. Тархова и М.А. Петуховой из Западного Алтая, А.В. Адрианова из окр. Томска, А. Шадрина из окр. Атбасара Акмолинской обл., П. Тресвятского из окр. с. Сладковского Тобольской губ., Давыдова из окр. ст. Черлаковской Омского округа, В. Геблера из окр. оз. Бериккуль и др. мест Мариинского округа, Д. Городецкого и А.И. Туполева из окр. Лепсинска и др. мест Семиреченской обл., Л.И. Степанова из окр. Усть-Каменогорска, Д.А. Клеменца из Саянского хр., Кытманова из Енисейской губернии, Тархова из Южного Алтая, В.С. Козловского из окр. Верхоленска, Н.Ф. Шахова с берегов р. Ломоватой, Язевки и Озерной, где строился Обь-Енисейский канал, А.Г. Лейбина – собрание растений Московской губернии (Открытие ..., 1888). Таким образом, уже в первые годы существования в Гербарии появились коллекции из разных мест Сибири, Средней Азии, европейской части России. Большинство из этих коллекторов не были профессиональными ботаниками, однако их сборы послужили началом будущей обширной коллекции.

По мере накопления фонд Гербария был разделен на отделы по географическому принципу. Сборы с территории Сибири вошли в отделы Западной, Приенисейской и Восточной Сибири и, отчасти, в отдел Тувы и Монголии; сборы из Казахстана, Киргизии, Таджикистана – в отдел Средней Азии; сборы из европейской части СССР, Кавказа, зарубежных стран, кроме стран Средней Азии и территории Сибири, – в общий отдел Гербария. В настоящей статье мы кратко упомянем лишь коллекторов первых 4 отделов, в которых представлены сборы с территории Сибири. Обзор написан на основе имеющихся в Гербарии им. П.Н. Крылова книг записей – «Коллекторы Гербария имени П.Н. Крылова», «Гербарий имени П.Н. Крылова. Ботанические экспедиции Томского университета», гербарных этикеток и некоторых работ (Сергиевская, 1951, 1961; Положий, 1986; Гуреева, 2005, 2008, 2010, 2011, 2015; Гуреева, Ревушкин, 2007, 2012; Тупицына и др., 2016, 2017).

**Отдел Западной Сибири** – первый отдел Гербария, организованный как гербарий Алтая и Томской губернии в 1885 г., переименован после 1918 г. в отдел Западной Сибири. В нем представлены сосудистые растения со всей территории Западной Сибири и частично из смежных районов Урала, Северного и Восточного Казахстана. Отдел сформирован сборами около 850 коллекторов.

Основу коллекции составляют сборы П.Н. Крылова и Л.П. Сергиевской. П.Н. Крылов в первые годы работы в основанном им Ботаническом музее (1886–1890 гг.) объездил ближние и дальние окрестности Томска, в 1890 г. обследовал Кузнецкий уезд, в 1890–1891 гг. – Томский и Барнаульский

уезды, в 1901 г. – Алтай от западных предгорий до Укока, в 1903 г. работал в Кузнецком, восточной части Барнаульского и Бийском уездах, в 1904 г. – в Нарымском крае. С 1908 г. вместе с П.Н. Крыловым в экспедициях работали студенты Томского университета и Технологического института. В 1908 г. студенты участвовали в научно-образовательной экскурсии П.Н. Крылова в Барабинскую степь, в 1910 г. он проводил флористические исследования в Барабинской, Кулундинской и Бель-Агачской степях совместно со студентом Л.А. Уткиным; в 1911 г. во флористических исследованиях Алтая между Катунью и Телецким озером участвовал студент Б.К. Шишкин; в 1912 г. в экспедициях Переселенческого управления в Каинский уезд участвовали почвовед А.И. Хаинский, студенты В.С. Титов и Л.А. Уткин; в 1913 г. в экспедиции в Барнаульский, Славгородский и Змеиногорский уезды в Барабинскую, Кулундинскую и Коростелевскую степи вместе с П.Н. Крыловым работали студенты В.В. Ревердатто, В.С. Титов и Л.А. Уткин. В 2015 г. во время работы П.Н. Крылова в Ботаническом музее Академии наук в Петрограде была организована экспедиция на Алтай в Барнаульский, Славгородский и Змеиногорский уезды с участием томских студентов В.В. Ревердатто, Л.А. Уткина, Л.Ф. Покровской, К.П. Онисимова. В 1926 г. П.Н. Крылов проводил флористические исследования совместно в Л.П. Сергиевской в Петропавловском, Кокчетавском, Челябинском и Славгородском уездах, в 1927 г. – в Омской и Тобольской губ., в 1928 и 1929 гг. – в Семипалатинской обл.

В отделе Западной Сибири хранятся значительные сборы из экспедиций В.В. Сапожникова, занимавшего с 1893 г. кафедру ботаники Томского университета. Его экспедиционная деятельность началась в 1895 г. с поездки на Алтай, куда он затем организовал еще несколько экспедиций (1896, 1897, 1898, 1908, 1921–1923 гг.). Кроме того, он участвовал в гидрографической экспедиции в Обскую Губу (1919 г.), обследовал растительность по р. Чая (1922 г.). В разные годы в экспедициях участвовали Е.В. Никитина, Т.Г. Попова и др.

Несколько экспедиционных сезонов на Алтае провел Б.К. Шишкин, вначале, еще студентом, – с П.Н. Крыловым, затем уже самостоятельно проводил флористические исследования в 1914, 1926, 1927, 1931 и 1937 гг.; в экспедициях участвовали Г.П. Сумневич, А.Н. Виноградова, Л.И. Оболенцев, А.А. Вишниковская, А. Малахова, А. Калинина и др. В начале своей деятельности, студентом, затем – сотрудником, гербаризировал растения В.В. Ревердатто в совместных с П.Н. Крыловым экспедициях на Алтай (1910–1915 гг.) и самостоятельных поездках на Кузнецкий Алатау (1921 г.), в Щегловский уезд (1923 г.), на Алтай (1942 г.). Л.П. Сергиевская, кроме совместных с П.Н. Крыловым экспедиций 1926–1929 гг., собирала гербарий в окр. Томска и Томском уезде (1921–1925, 1930–1959 гг.). В мелиоративных и геоботанических экспедициях, вначале будучи студенткой, затем – сотрудницей кафедры ботаники гербарные сборы делала Л.П. Шумилова: в Каинском округе (1920, 1921 гг.), Нарымском крае (1927 г.), на Западном Алтае (1931 г.); в экспедициях участвовали С.М. Диковская, М.Ф. Жаркова, А.И. Жарков и др. Во время Великой отечественной войны Гербарий собирали в экспедициях по изучению лекарственных и других полезных растений: Н.И. Якубова на Алтае (1942), С.С. Винская в Кулундинской степи и Кемеровской обл. (1942, 1943 гг.), З.С. Кайдарина и Е.К. Тюменцева в Томской обл. (1943, 1944 гг.). С 1947 г. гербарий собирала А.В. Положий: на Алтае (1947 г.), в Томской области (1950–1955 гг.), в Горной Шории (1976 г.). В равнинных районах Западной Сибири – в Тюменской области коллекционировал Е.П. Прокопьев (1971, 1973–1975, 1980 гг.); в сборах участвовали В.А. Агафонов, Л.Г. Кох, В.Н. Тучак. В 70-е годы, когда проводились масштабные ресурсные обследования разных районов Сибири, экспедиционные работы, во время которых собирались значительные гербарные материалы, организовывал Ю.П. Суров: на территории Горного Алтая (ныне – Республика Алтай) исследования проводились в 1973, 1974 и 1977 гг.; в экспедициях участвовали С.Н. Выдрин, Н.А. Ковалева (Некратова), Е.Е. Тимошок, Т.Г. Петрова, Н.А. Олонов, М.В. Иванова (Олонова), Г.В. Стулова и др. Значительные материалы с территории Западной Сибири собирал В.И. Курбатский: на Алтае – Усть-Канский район (1973 г.), Южно-Чуйский, Северо-Чуйский, Курайский хребты (1974 г.), Кош-Агачский и Онгудайский районы (1987, 1988 гг.), в южных районах Томской обл. (1991–1995 гг.); в экспедициях работали Н.А. Олонов, М.В. Олонова, С.А. Пшеворская (Шереметова), А.И. Пяк и др. В разных районах Западносибирского сектора гербарий собирала Е.Е. Тимошок: в верховьях р. Томи, на р. Тумуяс (1979 г.); в басс. р. Верхняя Терсь (1982 г.), в Молчановском районе Томской обл., в Суйгинском лесничестве (1983–1985 гг.), в Березовском районе Тюменской обл., в правобережье р. Казым (1988 г.), на Алтае в пределах Курайского (1988 г.), Семинского (1997, 1998 гг.), Северо-Чуйского (1973, 1988, 1999 гг.) хребтов. В отдел Западной Сибири вложены сборы Н.А. Некратовой из районов Томской обл., собранные во время ресурсных исследований (1983–1985 гг.), с Алтая – из правобережья оз. Телецкого и других мест (1972, 1973, 1986 гг.) и большая коллекция с Кузнецкого Алатау; в сборах участвовали Н.Ф. Некратов,

С.И. Михайлова, С.А. Шереметова, А.Л. Эбель, Л.Б. Сигарева и другие студенты кафедры ботаники. С 70-х гг. XX в. и до настоящего времени многочисленными экспедициями и образовательными поездками со студентами на Алтай организует А.С. Ревушкин: Алтайский заповедник (1973, 1975, 1976), хребты Курайский (1980, 1981 г.), Чихачева (1982 г.), Теректинский (1983 г.), районы Кош-Агачский (1986, 1988–1990, 1993, 1996, 1999, 2004, 2006, 2014, 2016 гг.), Онгудайский (1988, 1995 гг.), Улаганский (1989, 1993 гг.); в сборах участвовали М.В. Олонова, Н. Папушина, Т.В. Ревушкина, А.Л. Эбель, А.И. Пяк, А.А. Зверев, М.О. Моренко, А.В. Ракитин и др. Много на Алтае коллекционировал А.Л. Эбель; его экспедиционные отряды обследовали горные хребты и Чуйскую степь в пределах Кош-Агачского, Онгудайского и Улаганского районов Республики Алтай (1993, 1994, 1996–1999, 2002 гг.) и Чарышского и Алтайского районов Алтайского края (1993, 1997, 1998, 2000, 2003, 2007, 2008 гг.). В экспедициях участвовали А.А. Зверев, Н.В. Щеголева, Н.А. Рудая, М.Н. Диркс, М.О. Моренко, Т.В. Эбель и др. Много лет работали в Горном Алтае экспедиционные отряды А.И. Пяка (1988, 1990, 1993, 1995, 1996, 2000, 2004, 2006, 2010 гг.); в сборах участвовали А.А. Зверев, А.Л. Эбель, А. Сморгов, Н.В. Щеголева, Ю. Эфа, Н.А. Рудая, А.Л. Борисенко и др.

Кроме названных коллекторов, на территориях, входящих в отдел Западной Сибири, в разные годы гербарий собирали В.Ф. Семенов, Т.К. Триполитова, Н.В. Шипчинский, Н.И. Якубова, Т.Н. Буторина, А.Н. Виноградова, Г.П. Сумневич, Л.Б. Колокольников, К.А. Соболевская, Л.И. Оболенцев, Н.К. Быченникова, А.В. Куминова, Т.П. Березовская, Е.В. Вандакурова, С.В. Гудошников, В.С. Генина, М.Ф. Елизарьева, Н.А. Верховинская, Н.Г. Сакович, В.М. Елисева, Е.В., Сипливинский, С.В. Гудошников, Н.Ф. Вылцан, В.Б. Куваев, Г.И. Серых, Ю.А. Львов, И.И. Гуреева и др.

**В отделе Приенисейской Сибири** представлены виды с обширной территории от полуострова Таймыр до высокогорий Саян, в основном в пределах административных границ Красноярского края и Республики Хакасия. В сборе коллекций участвовали около 400 коллекторов. Отдел начал комплектоваться со сборов П.Н. Крылова в экспедиции, организованной в 1892 г. на средства Петербургского ботанического сада и Русского географического общества. В этой экспедиции он собирал гербарий в окр. г. Минусинска и с. Верхне-Усинского, ст. Ужур, на оз. Карасим, р. Малый Кебеж, на Мирском и Араданском хребтах.

Основу коллекции отдела Приенисейской Сибири составляют сборы из многочисленных экспедиций В.В. Ревердатто и его учеников. В самые первые годы своей деятельности В.В. Ревердатто совершил поездки в Приенисейскую Арктику (1912, 1914 гг.). В 20-е годы начались планомерные флористические и геоботанические обследования Приенисейской Сибири, активизировавшиеся с созданием в 1925 г. ТГУ кафедры геоботаники под руководством В.В. Ревердатто. Сборы проводились в окр. Красноярска, Ачинска и Минусинском уезде (1921, 1923, 1924, 1930 гг.), большое число экспедиций работало в пределах Хакасии (1928, 1929, 1932–1936, 1948, 1951 гг.). Наиболее крупными экспедициями, имевшими название, а сборы – соответствующие этикетки, были «Минусинская» (1926 г.) и «Абаканская» (1927 г.) экспедиции профессора В.В. Ревердатто. В исследованиях принимали участие Л.Ф. Покровская-Ревердатто, А.В. Куминова, М.В. Куминова, Е.И. Штейнберг, В.П. Голубинцева, Е.В. Вандакурова, М.А. Альбицкая, С.С. Винская, Т.Н. Буторина, В.В. Тарчевский, В.Д. Нащокин, Г.В. Крылов и др., некоторые из них совершали самостоятельные поездки.

Ряд экспедиций в труднодоступные районы провела Л.И. Шумилова: в Туруханский край (1930 г.), в бассейн р. Подкаменной Тунгуски (1932, 1933 гг.), в Эвенкийский округ (1935, 1936 гг.). В экспедициях принимали участие В.Д. Нащокин, А.З. Ломакин, Л.И. Оболенцев и др. Ботанические отряды А.В. Положий собирали гербарий в труднодоступных местах Красноярского края, включая Эвенкию: в басс. р. Бирюса, Заангарье и Приангарье (1956 г.), басс. рр. Подкаменной Тунгуски и Нижней Тунгуски (1957), в степных и горных районах Хакасии: ул. Чарков (1953 г.), Усть-Таштып (1960 г.), п. Целинный (1962 г.), ул. Чарков и Усть-Бюр (1966 г.), хр. Саксары (1968 г.), Ширинская и Абаканская степи (1971 г.); в экспедициях участвовали В.П. Кутафьев, Ж.В. Кособудская, Н. Семенчук, В.Р. Лыкова, Л.И. Оболенцев, Р.А. Кандасова, Г.И. Серых, А.Т. Мальцева, Г.А. Песцова, В.П. Амельченко, Е.Е. Тимошок и др. В пределах Западного Саяна проводил сборы С.В. Гудошников: хр. Араданский (1955 г.), Ергак-Торгак-Тайга (1956 г.), хр. Кулумыс (1960 г.), хр. Саянский (1962 г.), хр. Ергаки (1964 г.), хр. Мирской (1967 г.), хр. Борус, хр. Шаман (1963, 1968 г.). Под руководством Ю.П. Сурова обследовались Абаканский, Боградский районы Хакасии (1969 г.), хакасская часть Западного Саяна (1970, 1975, 1978 гг.); в сборах участвовали Г.В. Стулова, О.Н. Костеша, С.Н. Выдрина, Г.И. Серых, Н.А. Ковалева (Некратова) и др. В течение многих лет организовывал экспедиции и совершал одиночные поездки в Приенисейскую Сибирь В.И. Курбатский: на Ойский и Араданский хребты (1975 г.), хр. Хансын (1978 г.), в Ширинскую (1995, 1996, 2006, 2012, 2014 гг.) и



Абаканскую (1997 г.) степи, в Канскую лесостепь (1999 г.), в Минусинский и Ужурский районы (2000 г.), в Минусинский и Краснотуранский районы, окр. Саяно-Шушенской ГЭС (2001 г.), на хр. Кохош (2002 г.), Кузнецкий Алатау (2003, 2006, 2014 гг.), хребты Кохош и Моныш (2004 г.), Алан (2005 г.), Джебашский (2007 г.), массив Саксары, в Койбальскую степь (2006, 2008 г.), заповедник «Столбы» (2015, 2016 г.). В экспедициях принимали участие С.Н. Выдрина, И.И. Гуреева, М.Л. Дудкина, М.В. Олонова, Е.Г. Наумова, С.В. Бытотова, А.А. Кузнецов, А.С. Прокопьев и др. Много лет посвятила ресурсным исследованиям степных районов Хакасии и хакасской части Кузнецкого Алатау Н.А. Некратова; во время исследований были собраны и переданы в Гербарий обширные коллекции, собранные в среднегорьях и высокогорьях Кузнецкого Алатау (1990–1992 гг.), в истоках р. Томь, на хребтах Тырень-Казыр, Междуказырский, Тигер-Тыш, Тыгынных, Караташ и др. (2001 г.), Кузнецкий Алатау, по рр. Пихтерек, Тюхтерек, басс. р. Кия, верховья р. Усы и др. (200–2005 гг.). Значительные коллекции с территории Хакасии доставлены экспедициями Е.Е. Тимошок со студентами кафедры ботаники: пос. Коммунар, гольцы Челбах-Таскыл, басс. р. Ипчул и др. (1977 г.), гольцы в осевой части Кузнецкого Алатау, басс. р. Тюхтюрек, оз. Ивановское, п. Приисковый (1978 г.), Бол. Сая, Королевская Сая, Челбах-Таскыл, рр. Андат, Беренжак, Биза и др. (1979 г.), гольцы Подоблачный, Подзвездный, Подлунный, рр. Бол. Собака, Усинская Собака, и др. (1980 г.), Ширинский и Орджоникидзевский районы (1982 г.), гольцы Ольгинский и Подоблачный (1995 г.), территория заповедника «Тунгусский» (2006–2008 гг.); в экспедициях принимали участие А.И. Пяк, Г. Кондратьева и др. Много лет посещают Хакасию экспедиции А.И. Пяка: озера Туз, Парное, Черное (1999 г.), оз. Ши́ра (2001 г.), озера Иткуль и Аврас (2003 г.), р. Белый Июс (2004 г.), с. Бельтырское, озера Аврас и Фыркал (2007 г.), хр. Сарж, Косинский, Сахсыр, оз. Беле (2008 г.), окр. сел Фыркал, Борозда, Бол. Монок и др., озера Сосновое, Беле (2009 г.), пос. Пригорск (2010 г.), Саянский перевал, р. Большой Он (2016 г.); в экспедициях принимали участие Н.М. Пяк, Ю. Эфа, П.Д. Шаврова, С.Н. Кирпотин, М.О. Моренко, М.Ф. Бысыгина, И.В. Волков и др. Большие материалы собраны в экспедициях А.Л. Эбеля: в окр. пос. Ши́ра, г. Абакан, на Саянском перевале (2002 г.), хребтах Саксары и Косинского (2008 г.), в окр. Ефремкино (2012, 2013 гг.), в большом маршруте по Аскизскому, Боградскому и Ширинскому районам (2016 г.); в экспедициях принимали участие А.И. Пяк, М.О. Моренко, Т.В. Эбель, С.И. Михайлова, Н.Н. Лашинский, С.А. Шереметова и др. Часть гербария, собранного в последнее десятилетие экспедициями А.А. Эбеля и А.И. Пяка хранится на кафедре ботаники ТГУ.

Кроме уже названных, в разных районах Приенисейской Сибири собирали гербарий В.П. Голубинцева, С.С. Винская, М.А. Альбицкая, К.А. Соболевская, А.В. Куминова, Т.Н. Буторина, Л.Б. Колокольников, Н.К. Быченникова, А.Ф. Чигаева, В.М. Нестерова, Т.Г. Попова, А.С. Ревушкин, Г.И. Серых, Г.А. Копанева, О.Н. Костеша, Н.А. Олонов, Ю.А. Львов, Т.А. Тарунина, Е.Д. Лапшина, Ю.Г. Райская и многие другие.

**Отдел Восточной Сибири** начал наполняться в 1930 г. с первой экспедиции П.Н. Крылова и Л.П. Сергиевской в Забайкалье. В сборе гербария отдела Восточной Сибири принимали участие около 250 коллекторов. Основу коллекции образуют сборы из экспедиций Л.П. Сергиевской, которая, начиная с 30-х гг. XX в., исследовала разные районы Забайкалья. Первые две экспедиции на Байкал и в Оловянинский район (1930 г.), в Агинский и Борзинский районы (1931 г.) она провела с П.Н. Крыловым, затем организовывала экспедиции как руководитель отряда. С 1932 г. сборы проводились ежегодно до 1949 г., за исключением 1941 г., когда началась Великая отечественная война, затем с 1951 по 1968 гг. (кроме 1955 и 1956 гг.); исследованиями были охвачены все районы тогдашних Читинской области и Бурятской АССР. В экспедициях Л.П. Сергиевской участвовали Л.И. Оболенцев, Л.И. Потехина, Р.Ф. Кадырова, Т.П. Березовская, С.В. Гудошников, В.Н. Сипливинский, Л.С. Ногина, Н.А. Верховинская, Ю.А. Львов и др. В течение многих лет экспедиции в эту часть Сибири организовывал В.И. Курбатский; экспедиции обследовали Хэнтей-Чикойское нагорье (1976 г.), Джидинское нагорье и Южно-Муйский хребет (1977 г.), хр. Хамар-Дабан (1979 г.), север Иркутской обл. (1989 г.), Читинскую обл. (1980, 1990 гг.), Бурятию (1981 г.), Баргузинский хребет (1982 г.). В экспедициях принимали участие И.И. Ястребова (Гуреева), Е.В. Фоменко, М.Л. Дудкина, И. Пузырев, М.В. Олонова и др.

Кроме уже названных коллекторов, в разных районах Восточной Сибири гербарий собирали А.И. Иваницкая, В.Б. Куваев, А.В. Куминова, В. Кутафьев, В.В. Ревердатто, В.Н. Сипливинский, К.А. Соболевская, Г.П. Сумневич, Ю.П. Суров, Г.И. Серых, Г.А. Копанева, С.Н. Выдрина, Б.Ф. Свириденко, В.В. Рудский и др.

**Отдел Тувы и Монголии** сформирован сборами более 150 коллекторов. Первой экспедицией в Урянхайскую Землю (старое название Республики Тыва) была уже упоминавшаяся экспедиция 1892 г., организованная Петербургским ботаническим садом и Русским географическим обществом, в которой

участвовал П.Н. Крылов. В 1909 г. в западные районы Тувы выезжал В.В. Сапожников; на Куртушибинском, Хемчикском, уюкском хребтах и Восточно-Тувинском нагорье проводил флористические обследования Б.К. Шишкин (1908, 1909 гг.); часть Тувы в районах оз. Кара-Холь, Кара-Куль и др. местах охватила саянская геоботаническая экспедиция В.В. Ревердатто (1928 г.). Богатые материалы из 4 экспедиций в Туву (1945–1947, 1949 гг.) доставлены К.А. Соболевской. Значительные сборы поступили в Гербарий из экспедиций Ю.П. Сулова по изучению растительных ресурсов. Маршруты охватили окр. г. Кызыла, оз. Сут-Холь (1969 г.), южный мегасклон Западного Танну-Ола (1970 г.), Тандинский, Пий-Хемский, Барун-Хемчикский районы (1971 г.), Тоджинский район (1972 г.). В экспедициях принимали участие Е.П. Солдатенко, В.М. Осадчий, С.Н. Выдрина, Н.А. Олонов, В.И. Курбатский, Н.А. Ковалева (Некратова). Несколько экспедиций в Туву было организовано В.И. Курбатским. Гербарий собирали в пунктах в пределах Пий-Хемского, Барун-Хемчикского, Сут-Хольского и Тере-Хольского районов (1971 г.), Эрзинского, Тес-Хемского, Кызыльского, Тес-Хемского, Улуг-Хемского, Чеди-Хемского, Тоджинского и других районов (1972 г.). В экспедициях работали Н.А. Некратова, Н.А. Олонов, В.С. Романенко, Е.Е. Тимошок, Н.Г. Хромых. Большие коллекции привезены в Гербарий из флористических экспедиций А.С. Ревушкина, которые работали в Западной Туве на хребтах Шапшальский и Монгун-Тайга (1972, 1973, 1975–1978 гг.). В экспедициях участвовали Л.И. Ромахина, Б.Ф. Свириденко, Т.В. Жигальцова (Ревушкина), В.В. Хлопов, В.П. Амельченко и др. Ряд экспедиций, организовал А.И. Пяк; экспедиции работали на хр. Академика Обручева и в Западном Танну-Ола (2001 г.), на нагорье Сангилен, Вост. Каа-Хеме, рр. Тес-Хем и Большой Он (2002 г.), в Турано-Уюкской котловине (2004 г.), на горе Хайыркан, рр. Алаш и Ак-Суг (2007 г.), в горах Ондум, Бегреда (2009 г.), на Уюкском хр. (2010 г.), оз. Чедер, хр. Кызыл-Тайга и др. (2013 г.), хр. Академика Обручева, р. Тес-Хем, в песках Цугээр (2016 г.). В экспедициях работали А.Л. Эбель, М.О. Моренко, С.Н. Кирпотин, П.Д. Шаврова, Д.Р. Барашков и др.

Кроме названных, в сборе коллекций участвовали М.Ф. Нейбург, Е.Н. Клеменц, И.Н. Глотов, А.П. Самойлова и др.

На основе собранных в пределах Сибири материалов томскими ботаниками описано большое число новых таксонов. Гербарные образцы, называемые типовыми, составляют теперь отдельную, очень ценную коллекцию, включающую более 3 тыс. гербарных листов. Из 1039 обработанных на данный момент таксонов, имеющих типовые образцы в Гербарии ТГУ, 362 таксона основаны на образцах, собранных томскими ботаниками.

В целом, в отделе Западной Сибири наиболее представленными являются коллекции с Алтая, особенно сборы в пределах Республики Алтай, хорошо представлены Алтайский край, Томская и Кемеровская области, в отделе Приенисейской Сибири – степные и горные территории Республики Хакасия и юга Красноярского края, в отделе Восточной Сибири – южные районы Республики Бурятия и Забайкальского края. Недостаточно представленными в отделе Западной Сибири оказались западные области – Курганская, Омская, Тюменская, в отделе Приенисейской Сибири – центральные и, особенно, северные районы Красноярского края, в отделе Восточной Сибири мало сборов из северных районов Иркутской области, Забайкальского края и Республики Саха (Якутия). В отделе Тувы и Монголии равномерно представлены сборы из разных районов Республики Тыва.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-44-700008 р\_а.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гуреева И.И. К 120-летию основания Гербария в Томском университете // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2005. № 95. С. 1–8.
- Гуреева И.И. Лидия Палладиевна Сергиевская (К 110-летию со дня рождения) // Бот. журн. 2008. Т. 93, № 5. С. 800–805.
- Гуреева И.И. Вместо предисловия. Гербарий им. П.Н. Крылова за 125 лет существования // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Материалы конференции, посвященной 125-летию Гербария им. П.Н. Крылова и 160-летию со дня рождения П.Н. Крылова (Томск, 1–3 ноября 2010). Томск, 2010. С. 3–6.
- Гуреева И.И. Порфирий Никитич Крылов (к 160-летию со дня рождения) // Бот. журн. 2011. Т. 96, № 1. С. 116–132.
- Гуреева И.И. Гербарий им. П.Н. Крылова: 130 лет изучения растительного покрова Сибири // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Материалы V Международной научной конференции, посвященной 130-летию Гербария им. П.Н. Крылова и 135-летию Сибирского ботанического сада Томского государственного университета (Томск, 20–22 октября 2015 г.). Томск: Издательский Дом Томского гос. ун-та, 2015. С. 3–11.
- Гуреева И.И. Краткий очерк научной деятельности А.В. Положий // Ботаника и ботаники в Томске. К 100-летию со дня рождения Антонины Васильевны Положий / под ред. А.С. Ревушкина, И.И. Гуреевой. Томск: Издательский Дом ТГУ, 2017. С. 21–28.

- Гуреева И.И.* Гербарий им. П.Н. Крылова Томского государственного университета // Ботаника и ботаники в Томске. К 100-летию со дня рождения Антонины Васильевны Положий / под ред. А.С. Ревушкина, И.И. Гуреевой. Томск : Издательский Дом ТГУ, 2017. С. 91–106.
- Гуреева И.И., Ревушкин А.С.* Антонина Васильевна Положий: К 90-летию со дня рождения (1917–2003) // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 12. С. 1968–1973.
- Гуреева И.И., Ревушкин А.С.* Антонина Васильевна Положий: к 95-летию со дня рождения (1917–2003). Томск : Изд-во Том. ун-та, 2012. 52 с.
- Крылов П.Н.* От ботанического музея Сибирского университета // Приложение ко 2-му Циркуляру по Западно-Сибирскому учебному округу. Томск : Типо.-Лит. Михайлова и Макушина, 1886. 4 с.
- Открытие* Императорского Томского университета 22 июля 1888 г. Томск, 1888. 61 с.
- Положий А.В.* Гербарий им. П.Н. Крылова в Томском университете (К 100-летию со времени основания). Томск : Изд-во Том. ун-та, 1986. 87 с.
- Сергиевская Л.П.* Жизнь и деятельность П.Н. Крылова // Тр. Том. гос. ун-та. Серия биол. 1951. Т. 116. С. 11–35.
- Сергиевская Л.П.* Гербарий имени П.Н. Крылова при Томском государственном университете им. В.В. Куйбышева. К 75-летию со дня основания. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1961. 56 с.
- Томские музеи: Сборник документов и статей /* Под ред. С.Ф. Фоминых, Э.И. Черняка. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2010. 232 с.
- Тулицына Н.Н., Шауло Д.Н., Гуреева И.И.* Обзор флористических исследований Средней Сибири. Красноярск : Красн. гос. пед. ун-т, 2016. 253 с.
- Тулицына Н.Н., Шауло Д.Н., Гуреева И.И.* История флористических исследований Средней Сибири. Красноярск : Сибирский федеральный ун-т, 2017. 202 с.

## Пространственно-временная дифференциация температуры почв и ее влияние на растительность в экспозиционной лесостепи Забайкалья

О.А. Аненхонов<sup>1</sup>, Д.В. Санданов<sup>1</sup>, А.А. Зверев<sup>2</sup>, А.Ю. Королюк<sup>3</sup>,  
Б.Б. Найданов<sup>1</sup>, Д.Г. Чимитов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия; anen@yandex.ru

<sup>2</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; ibiss@rambler.ru

<sup>3</sup> Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия; akorolyuk@rambler.ru

**Аннотация.** В результате многолетнего мониторинга температуры почв установлена ее дифференциация в связи с эколого-географическими и эколого-географическими особенностями растительных сообществ лесостепи Забайкалья. Установлено, что динамика температуры в течение года на разных участках, распределенных в пределах территории протяженностью более 550 км, характеризуется высокой синхронностью, отражая макроклиматическое единство исследуемого региона. Показана существенно более высокая теплообеспеченность южных склонов по сравнению с северными, выявлены особенности дифференциации температуры почв в связи с размерами лесных участков в лесостепи, а также на субширотном профиле в связи с различиями эколого-географических ситуаций. Подчеркиваются различия в типологическом составе растительности между северными и южными склонами, а также между географически рассредоточенными в пределах региона ключевыми участками. Эти различия связаны с пространственной дифференциацией температуры почв. При этом установлено, что растительность южных склонов относительно более гомогенна, относясь к одному классу *Cleistogenetea squarrosae*, тогда как на северных склонах развиты сообщества трёх классов: степного *Cleistogenetea squarrosae* и лесных – *Rhytidio-Laricetea* и *Vaccinio-Piceetea*.

**Ключевые слова:** температура почв, экспозиция склонов, лесостепь, *Cleistogenetea squarrosae*, *Rhytidio-Laricetea*, *Vaccinio-Piceetea*, Забайкалье.

## The spatial-and-temporal differentiation of the soil temperature and its influence on vegetation in the exposure-related forest-steppe of Transbaikalia

O.A. Anenkhonov<sup>1</sup>, D.V. Sandanov<sup>1</sup>, A.A. Zverev<sup>2</sup>, A.Yu. Korolyuk<sup>3</sup>,  
B.B. Naidanov<sup>1</sup>, D.G. Chimitov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia; anen@yandex.ru

<sup>2</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia; ibiss@rambler.ru

<sup>3</sup> Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia; akorolyuk@rambler.ru

**Abstract.** The long-term soil temperature monitoring in the area of more than 550 km in length within the region of Transbaikalia has been carried out. Sites for the monitoring were represented by the forest-steppe vegetation of different ecotopological and eco-geographical patterns. It was revealed that the dynamics of temperature regimens are highly synchronized reflecting the macroclimatic unity of the region. The sufficiently higher heat supply on the southerly exposed slopes comparing to northerly exposed ones was demonstrated. The distinctness between soil temperature regimens in different sites was revealed and attributed to the size of forested patches within the forest-steppe landscape, as well as discrepancies between eco-geographical features of sites along the sublatitudinal gradient. Differences between the vegetation types that occurred on the northern and southern slopes as well as between key sites scattered throughout the region were underlined. These differences are suggested to be connected with the spatial differentiation of the soil temperature. It was established that vegetation on the southern slopes is relatively more homogeneous being related to the single class *Cleistogenetea squarrosae*, while on the northern slopes plant communities related to three classes were developed, namely steppe class *Cleistogenetea squarrosae*, and two forest classes – *Rhytidio-Laricetea* and *Vaccinio-Piceetea*.

**Key words:** soil temperature, slope exposure, forest-steppe, *Cleistogenetea squarrosae*, *Rhytidio-Laricetea*, *Vaccinio-Piceetea*, Transbaikalia.

В гористых регионах умеренных широт ориентация и крутизна склона выступает в качестве «перераспределителя» инсоляции, за счет чего во время вегетационного периода, например в лесостепи Внутренней Азии, северные склоны получают гораздо меньше тепла – около 410–450 ватт/м<sup>2</sup> в сравнении с южными – 600–700 ватт/м<sup>2</sup> (Береснева, 1983). В результате, на южных инсолируемых склонах происходит испарение большего количества воды, чем на северных теневых, и это различие усиливается с повышением крутизны склонов, которая, наряду с экспозицией, контролирует испарение (Liu et al., 2012). Такая дифференциация гидротермических условий обуславливает глубокую гетерогенность растительного покрова, приводя к формированию экспозиционной лесостепи. Очевидно, что исходным фактором возникновения этой гетерогенности является температура. Развитие возможностей компьютерного моделирования различных факторов (см., например, Hais et al., 2016)

позволяет рассматривать многие аспекты существования и функционирования лесостепи. Однако результаты моделирования не могут заменить натурные данные, которые следует считать «верификатором» результатов моделирования. Ранее существовали серьезные трудности в сборе многолетних натуральных данных о температурных режимах. Теперь они могут преодолеваться благодаря возможности применения непрерывно действующих автоматических датчиков. Нами были использованы такие датчики (*HOBO Pro v2*, и *Thermochron DS-1922L*), установленные на 7 модельных участках в почве на глубине 10 см в 2008, 2013 и 2015 гг.

При обобщении полученных данных выявляется генеральный тренд температуры почв. На большинстве участков среднегодовые показатели температуры были около нуля, либо немного выше. Лишь на самом северном (и холодном) участке Исинга в начальные годы наблюдений выявлены отрицательные среднегодовые температуры. В пределах наблюдаемого периода температура повышается на всех участках наблюдений, и на участке Исинга линия аппроксимации пересекает 0°C, переходя в область положительных значений. По данным датчиков это происходит не только в относительно более теплом степном сообществе, но и в более холодном лесном. Принимая во внимание общее потепление климата, и с учетом того, что участок Исинга находится в зоне прерывистой многолетней мерзлоты, такой переход к положительным температурам может иметь значение критического порога для мерзлотных экосистем (Аненхонов и др., 2020).

Как и следовало ожидать, температурные режимы почв на разных участках не идентичны. Даже в пределах одного ключевого участка (Хошун-Узур) наблюдались различия величин температуры в связи с размером залесенного участка в лесостепи. Залесенный участок малого размера был наиболее теплообеспечен, тогда как участок большого размера – наиболее холодный (рис. 1).

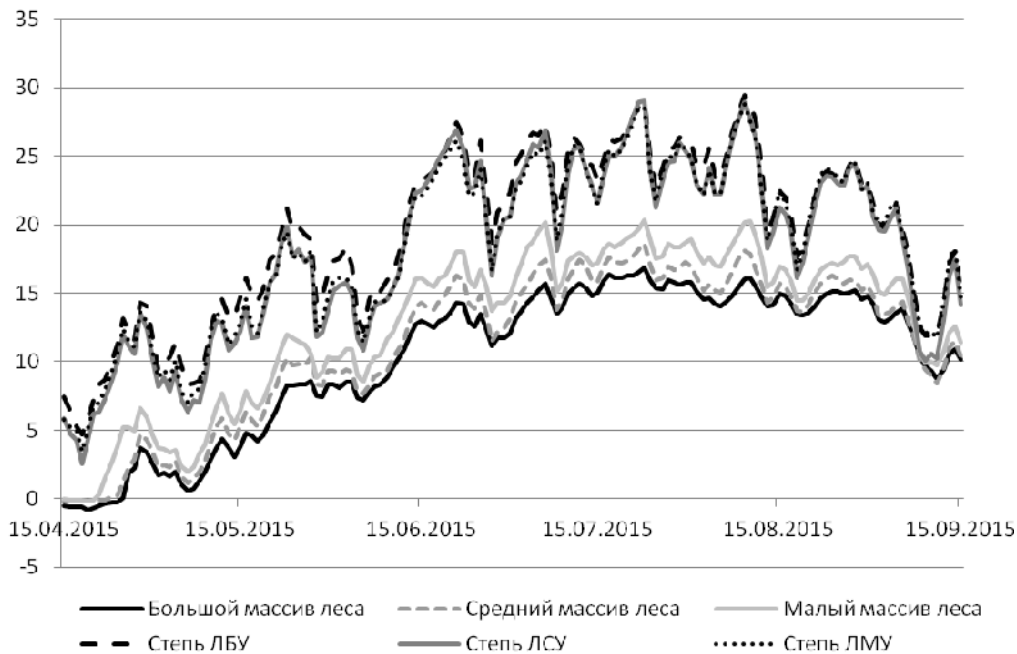


Рис. 1. Температурный режим почв лесостепи ключевого участка Хошун-Узур в лесостепи Забайкалья (данные за теплый период 2015 г.)

В целом, динамика температур на протяжении года характеризуется относительной синхронностью колебаний температуры по данным всех датчиков как в пределах каждого из ключевых участков, так и разных участков. Этот факт свидетельствует о макроклиматическом единстве всех изучаемых участков. Кроме того, на разных участках наблюдаются более существенные различия между показателями температуры на северных склонах, по сравнению с южными. Северные склоны трёх участков (Армак, Хошун-Узур, Можайка) характеризуются высоким сходством величин температуры. По сравнению с ними, значительно менее теплообеспеченным является северный склон самого северного полигона «Исинга». В противоположность ему, северный степной склон полигона «Цайдам» – значительно более теплообеспеченный, чем все остальные (рис. 2). На участке «Исинга» развита даурсколиственнично-луговостепная лесостепь, а участок Цайдам, где наблюдаются наибольшие значения температуры почв и высокая засушливость, условия для формирования лесных сообществ на северных склонах отсутствуют и все склоны покрыты только степями. Более теплообеспеченным является также и северный склон на

участке Дырестуй, но в явно меньшей степени, чем в Цайдаме. Следует отметить и то, что размах различий нарастает к летним месяцам (июнь, июль, август), а в холодное время года (по крайней мере, в межсезонье) линии хода температур на всех участках сближаются. Динамика температурных условий теплого периода на южных степных склонах в общих чертах повторяет таковую на северных склонах, но имеются и свои особенности. В первую очередь, различия в средних температурах между разными участками имеют меньший размах, чем на северных склонах. По величинам температур южные склоны полигонов Армак, Дырестуй, Цайдам, Хошун-Узур различаются слабо, и лишь самые северные полигоны (Можайка и, особенно, Исинга) занимают несколько обособленное положение, характеризуясь сравнительно пониженным температурным фоном (Аненхонов и др., 2020).

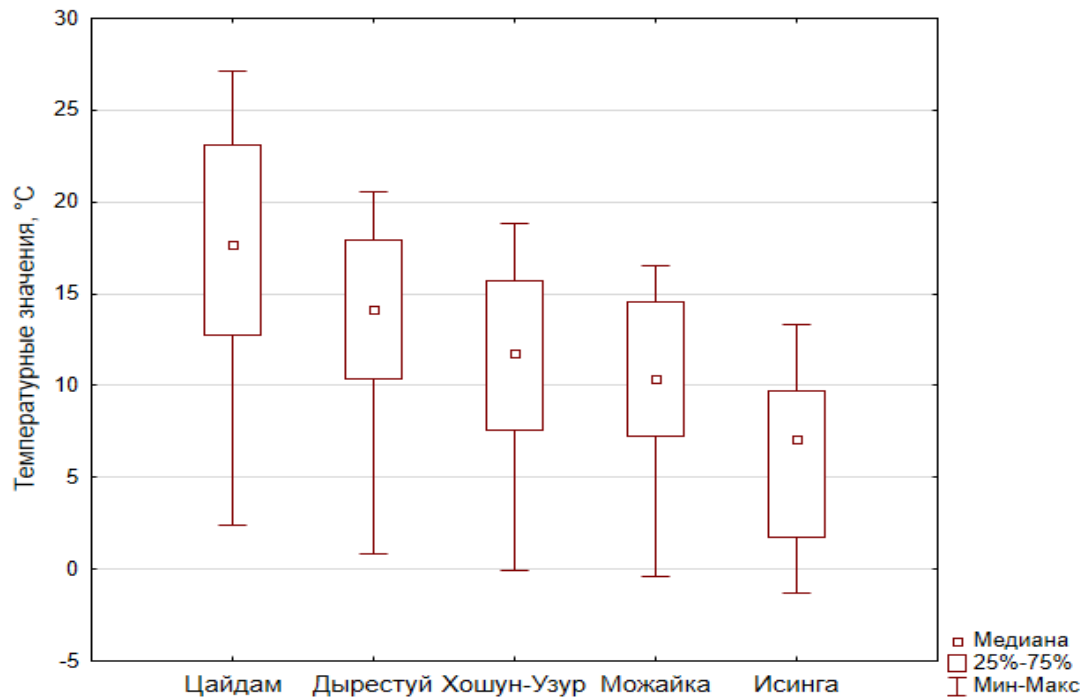


Рис. 2. Распределение температурных показателей почв в лесостепи Забайкалья на северных склонах ключевых участков (данные за теплый период 2017 г.)

Дифференциация температурных условий местообитаний, отражаемых температурой почв, находит выражение и в различиях типологического состава растительности на северных и южных склонах, а также между географически рассредоточенными в пределах региона ключевыми участками. Установлено, что растительность южных склонов относительно более гомогенна и на всех участках относится к одному классу степной растительности – *Cleistogenetea squarrosae*. В отличие от них на северных склонах разных участков отмечены сообщества трёх классов. Так, на участке Цайдам на северном склоне развиты степи класса *Cleistogenetea squarrosae*. На остальных участках северные склоны хотя бы частично покрыты лесной растительностью. В подавляющем большинстве лесостепных районов лесные сообщества относятся к классу гемибореальных лесов *Rhytidio-Laricetea*. Лишь на самом северном и наиболее холодном участке Исинга леса образованы сообществами бореально-таежного класса *Vaccinio-Piceetea*.

Исследования проведены при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-44-030025 и в рамках государственного задания по темам № гос. регистрации АААА-А17-117011810036-3 (ИОЭБ СО РАН) и № гос. регистрации АААА-А17-117012610052-2 (ЦСБС СО РАН).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аненхонов О.А., Санданов Д.В., Liu H., Королюк А.Ю., Хи С., Guo W., Зверев А.А., Найданов Б.Б., Чимитов Д.Г. Значение термических условий почв в дифференциации растительности экспозиционной лесостепи Забайкалья // Сибирский экологический журнал. 2020. № 5. (в печати).
- Береснева И.А. Климат // Горная лесостепь Восточного Хангая. М.: Наука, 1983. С. 32–39.
- Hais M., Chytry M., Horsak M. Exposure-related forest-steppe: A diverse landscape type determined by topography and climate // Journal of Arid Environments. 2016. Vol. 135. P. 75–84.
- Liu H., He S., Anenkhonov O.A., Hu G., Sandanov D.V., Badmaeva N.K. Topography-controlled soil water content and the coexistence of forest and steppe in Northern China // Physical Geography. 2012. Vol. 33, No 6. P. 561–573.

## Фитохимическое изучение пастбищных растений Северной Монголии

Т.П. Анцупова, Э.Б. Битуева

*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия; antsupova-bot@mail.ru*

**Аннотация.** В статье приводятся результаты качественного и количественного определения ядовитых и горьких веществ в 8 видах растений Северной Монголии, которые не поедаются скотом. В 6 видах обнаружены значительные количества алкалоидов, в 2 видах – дубильных веществ.

**Ключевые слова:** Монголия, пастбищные растения, ядовитые и горькие вещества.

## Phytochemical study of pasture plants in Northern Mongolia

T.P. Antsupova, E.B. Bitueva

*East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia; antsupova-bot@mail.ru*

**Abstract.** The article presents the results of a qualitative and quantitative determination of toxic and bitter substances in 8 species of plants of Northern Mongolia that are not eaten by cattle. Significant amounts of alkaloids were found in 6 species, tannins in 2 species.

**Key words:** Mongolia, pasture plants, poisonous and bitter substances.

Монголия является животноводческим регионом, для которого большое значение имеет кормовая база. На территории страны много лет работает совместная российско-монгольская биологическая экспедиция, которая занимается изучением, в частности, кормовых растений. Ученые этой экспедиции обратили внимание на то, что некоторые растения не поедаются животными. Это можно объяснить ядовитостью и горьким вкусом растений, а также тем, что при поедании жестких частей растения животные могут поранить слизистую рта или желудочно-кишечного тракта.

Целью данной работы было изучение некоторых пастбищных растений Монголии на наличие и содержание горьких и ядовитых веществ.

Ядовитыми являются растения, содержащие алкалоиды, гликозиды, иридоиды (горькие гликозиды), тритерпеновые сапонины. При этом все указанные соединения имеют горький вкус. Кроме того, горький вкус могут придавать и неядовитые дубильные вещества (таннины), которые довольно часто встречаются в растениях. Нам было передано сырье 8 видов растений, которое собиралось в августе 2017 года в Селенгинском аймаке Монголии. Это:

*Armeniaca sibirica* (L.) Lam. – абрикос сибирский, листья;

*Artemisia adamsii* Bess. – полынь Адамса, надземная часть;

*Betula fusca* Pallas ex Georgi – береза бурая, листья;

*Iris lactea* Pallas – ирис молочно-белый, листья;

*Polygonatum (Aconogonon) divaricatum* L. – горец (таран) растопыренный, листья и цветки;

*Potentilla anserine* L. – лапчатка гусиная, надземная часть;

*Thermopsis dahurica* Czeft. – термописис даурский, надземная часть;

*Veronica incana* L. – вероника седая, надземная часть.

Указанные виды растений, собранные на территории Монголии, практически не изучены в отношении химического состава.

Сырье высушивалось до воздушно-сухого состояния и затем измельчалось согласно требованиям (Правила..., 1989). Во всех образцах определялось наличие биологически активных веществ, относящихся к 4 группам, которые могут способствовать ядовитому или горькому (без ядовитости) вкусу сырья: алкалоиды, сапонины, иридоиды (горькие вещества), дубильные вещества (таннины). Для их определения использовались общепринятые методики (Гринкевич, Сафронич, 1983; Фармакогнозия, 2010). Определение количественного содержания алкалоидов проводили гравиметрическим (весовым) методом. Содержание суммы алкалоидов в процентах рассчитывали по отношению к массе абсолютно сухого сырья; влажность сырья определяли по общепринятой методике (Государственная..., 2015). Содержание дубильных веществ определяли методом перманганатометрического титрования в модификации А.Л.Курсанова (Иванов, Денисенко, 2014).

С помощью качественных реакций нами установлено, что во всех образцах присутствуют алкалоиды и сапонины. Однако визуально можно отметить, что содержание сапонинов во всех образцах небольшое, а в листьях абрикоса и ириса молочно-белого, а также в надземной части лапчатки гусиной

и термопсиса даурского присутствуют лишь следы сапонинов. Иридоиды во всех образцах отсутствовали. Дубильные вещества присутствуют в значительных количествах в 3 образцах, алкалоиды – в 6.

В видах, визуально показывающих значительные количества алкалоидов и дубильных веществ, затем было определено их количественное содержание. Полученные данные приведены в таблице.

**Содержание БАВ в исследованных образцах, в процентах к массе абсолютно сухого сырья**

Вид растения	Содержание влаги	Содержание алкалоидов	Содержание дубильных веществ
Абрикос сибирский, лист	11,36	0,44	–
Береза бурая, лист	8,15	0,065	–
Вероника седая, надз. часть	7,48	0,85	–
Горец растопыренный, лист	6,10	–	7,52 / 5,31
Горец растопыренный, цветки	4,85	–	6,71 / 4,53
Ирис молочно-белый, лист	5,98	0,74	–
Лапчатка гусиная, надз. часть	9,28	–	8,24 / 7,32
Польнь Адамса, надз. часть	7,06	1,29	–
Термопсис даурский, надз. часть	8,28	3,60	–

Данные таблицы показывают, что больше всего алкалоидов содержится в термопсисе даурском (3,60 %), полыни Адамса (1,29 %), веронике седой (0,85 %) и в ирисе молочно-белом (0,74 %). Довольно большое количество (0,44 %) содержится в листьях абрикоса сибирского и в меньших количествах (0,065 %) – в листьях березы бурой.

Значительное количество дубильных веществ присутствует во всех трех образцах (2 вида), в которых определяли их содержание. При этом оба вида, собранные в европейской части России, ранее были изучены на содержание дубильных веществ (Иванова, Лукша, 2015), и наши результаты для образцов из Монголии согласуются с приведенными в литературе данными. Из 6 видов, в которых нами обнаружены алкалоиды, ранее был исследован 1 вид – вероника седая из Якутии (Самарин, 1966) и из Иркутской области (Якунина и др., 1961). На территории Монголии такие исследования ранее не проводились.

Можно отметить также, что листья абрикоса и березы жесткие (кожистые) и при поедании скотом могут вызвать раны в ротовой полости и желудочно-кишечном тракте.

Таким образом, нами впервые изучены 6 видов растений с территории Монголии на содержание алкалоидов. В двух видах: *Polygonatum (Aconogonon) divaricatum* (листья и цветки) и *Potentilla anserina* определенное нами значительное содержание дубильных веществ практически соответствует данным литературы. Поеданию животными указанных видов растений на территории Монголии препятствует, в первую очередь, присутствие ядовитых и горьких веществ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Государственная Фармакопея Российской Федерации. 13-е изд. М.: ФЭМБ, 2015. Т. 1. 1469 с.
- Гринкевич Н.И., Сафронич Л.Н. Химический анализ лекарственных растений. М. : Высшая школа, 1983. 176 с.
- Иванов В.В., Денисенко О.Н. Количественное определение дубильных веществ в траве горца сахалинского, интродуцированного в условиях кавказских минеральных вод, различными аналитическими методами // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 6.
- Иванова Е.В., Лукша Е.А. Содержание дубильных веществ в надземной и подземной частях *Aconogonon divaricatum* // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5.
- Правила сбора лекарственных растений. М. : Медицина, 1989. 406 с.
- Самарин В.П. Ядовитые растения Якутии. Якутск, 1966. 193 с.
- Фармакогнозия. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения : учеб. пособие / под ред. Г.П. Яковлева. 2-е изд., испр. и доп. СПб. : СпецЛит, 2010. 863 с.
- Якунина Т.Г., Кузнецова Н.П., Петрова В.В. Предварительные исследования на алкалоиды некоторых представителей флоры Иркутской области // Лекарственные сырьевые ресурсы Иркутской области. Иркутск, 1961. Вып. 3. С. 8–33.



## Состояние популяций наиболее редких охраняемых сосудистых растений заказника «Стрижамент» (Ставропольский край)

Л.Н. Арутюнова<sup>1</sup>, А.А. Оганджян<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Перкальский дендрологический парк (Эколого-ботаническая станция «Пятигорск») Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, Пятигорск, Россия; arutyanova@list.ru

<sup>2</sup> Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия; ssvc@mail.ru

**Аннотация.** Изучено состояние и структура ценопопуляций *Anemone caucasica* Willd. ex Rupr., *Campanula persicifolia* L., *Vincetoxicum stauropolitanum* Robed. – редких видов, внесенных в Красную книгу Ставропольского края (ККСК). Определены площадь, численность и плотность особей в ЦП, изучена онтогенетическая структура, позволяющая охарактеризовать состояние и перспективы развития ценопопуляций.

**Ключевые слова:** охраняемые виды, локальные популяции, Красная книга, Ставропольский край.

## State of populations of the rarest protected vascular plants of the “Strizhament” (Stavropol Krai)

L.N. Arutyanova<sup>1</sup>, A.A. Ogandzhanian<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Perkalsky dendrology park (Ekologo-botanical station “Pyatigorsk”) V.L. Komarov Botanical Institute of RAS, Pyatigorsk, Russia; arutyanova@list.ru

<sup>2</sup> North Caucasian Federal Agrarian Center, Mikhaylovsk, Russia; ssvc@mail.ru

**Abstract.** The state and structure of *Anemone caucasica* Willd. cenopulations has been studied. ex Rupr., *Campanula persicifolia* L., *Vincetoxicum stauropolitanum* Robed. – rare species included in the Red Book of the Stavropol Krai (KKSCK). The area, number and density of individuals in the CPU were determined, the ontogenetic structure was studied, which allows characterizing the state and prospects for the development of cenopulations.

**Key words:** protected plant species, local populations, Red List, Stavropol Krai.

Государственный природный заказник краевого значения «Стрижамент» имеет биологический профиль и предназначен для сохранения и восстановления лесостепного природного комплекса горы Стрижамент, расположенной на территории заказника, а также редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов растительного мира. Образован постановлением Правительства Ставропольского края от 18 марта 2011 г. № 99-п «Об образовании государственного природного заказника краевого значения «Стрижамент». Площадь заказника составляет 4383,98 гектара.

Гора Стрижамент – самая высокая гора Предкавказья с абсолютной отметкой 831 м над ур. м., расположена в юго-западной части Ставропольской возвышенности. Это единственная территория в регионе, где встречается луговая степь, практически полностью уничтоженная в России, буковый лес (единственный в стране северо-восточный массив, значительно оторванный от основного ареала). Здесь поддерживается богатый генофонд флоры (Дударь, Лиховид, 2002).

В ККСК(2013) включен 31 вид сосудистых растений: *Adonis vernalis* L., *Anemone caucasica* Willd. ex Rupr., *Anemone sylvestris* L., *Astragalus calycinus* Bieb., *Crambe koktebelica* (Junge) N. Busch., *C. tatarica* Sebeok., *Gypsophila globulosa* Pall. ex Adams, *G. glomerata* Pall. ex Adams, *Paeonia biebersteiniana* Rupr., *P. tenuifolia* L., *Silene nutans* L., *Hedysarum biebersteinii* Zertova и др.

На г. Стрижамент произрастают виды, включенные в Красную книгу РФ: *Galanthus caucasicus* (Baker) Grossh., *Cephalanthera rubra* (L.) Rich., *Erodium stevenii* Bieb., *Iris notha* Bieb., *Stipa pulcherrima* C. Koch, *S. pennata* L., *Orchis tridentata* Scop., *Paeonia tenuifolia* L., *Ornithogalum arcuatum* Stev., *Colchicum leatum* Stev.

Целью наших исследований является изучение состояния локальных популяций наиболее редких охраняемых видов сосудистых растений.

Объектом исследования являются: *Anemone caucasica* Willd. ex Rupr., *Campanula persicifolia* L., *Vincetoxicum stauropolitanum* Robed.

Обследование популяций и геоботанические описания проводили по методикам, рекомендованным для изучения редких видов (Полевая..., 1964; Программа..., 1986). На пробных площадках размером 20×20 м в лесном и 10×10 м в степном фитоценозах учитывали все виды растений и оценивали их проективное покрытие (%), выявляли площадь ценопопуляции (ЦП), численность, плотность особей, фитоценотическую приуроченность и др. параметры. В описании условий местообитания учитывали сведения об абсолютной высоте местности, экспозиции, крутизне склона.

Координаты местонахождения определены с помощью GPS-прибора Garmin. Возрастное состояние определяли по схеме Т.А. Работнова (1950а, б).

Названия видов даны по сводке С.К. Черепанова (1995), приводятся в алфавитном порядке, охранный статус видов, принятый в ККСК (2013) указан цифрой.

Данные о распространении видов, площади, численности, плотности, состоянии ценопопуляций (ЦП) исследованных видов приведены ниже:

*Anemone caucasica* Willd. ex Rupr. – ветреница кавказская. ККСК: 2(V) – уязвимый вид. Эндемик Кавказа, распространен в высокогорьях Большого и Малого Кавказа. Изолированный участок находится на Ставропольской возвышенности, в окрестностях г. Ставрополя (Красная..., 2013). 44°49'51"N, 41°59'32"E, Кочубеевский р-он, заказник «Стрижамент», склон северной экспозиции, крутизна 15°, высота 734 м над ур. м. Грабово – ясеневое – буковый лес (*Carpinus caucasica* + *Fraxinus excelsior* + *Fagus orientalis*). Почвы – серые лесные, каменистость 20 %. Площадь ЦП около 3000 м<sup>2</sup>, средняя численность особей на 1 м<sup>2</sup> колеблется от 5 до 16, общая численность около 750 экземпляров, плотность – 0,3 особи/м<sup>2</sup>. ЦП представлена всеми возрастными группами. Преобладают виргинильные особи (v), молодые и зрелые генеративные особи (g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub>). Популяция нормальная, полночленная, замечено возобновление.

Ведущую роль в фитоценозе играют виды: *Fraxinus excelsior* L., *Carpinus caucasica* Grossh. с подлеском из *Crataegus pentagyna* Waldst. & Kit. ex Willd., *Lonicera caprifolium* L. В травяном покрове доминирующими видами являются: *Anemone ranunculoides* L., *Scilla siberica* Haw., *Dentaria quinquefolia* M. Bieb. В фазе плодоношения *Galanthus caucasicus* (Baker) Grossh. В догенеративной фазе *Arum maculatum* L. Нами установлено, что общее проективное покрытие (ОПП) 40 %, проективное покрытие *A. caucasica* составляет 5 %, в местах обитания образует небольшие скопления.

Несмотря на то, что ЦП *A. caucasica* находится на охраняемой территории, по ней проходит экологическая пешеходная тропа (особи частично подвергаются вытаптыванию), состояние вида удовлетворительное. Необходим контроль за состоянием ЦП.

*Campanula persicifolia* L. – колокольчик персиколистный. ККСК: 2(V) – уязвимый вид. Распространен по всей европейской части России, кроме Крайнего Севера. На Северном Кавказе встречается только в Мамайском лесу (г. Ставрополь), на г. Стрижамент и в заказнике «Бучинская поляна» (окр. г. Ставрополя). 44°49'33"N, 41°54'02"E, Кочубеевский р-он, в 35 км к Ю от г. Ставрополя, заказник «Гора Стрижамент» Большая и Малая поляны, 731 м над ур. м. Луговая степь с кустарниковыми зарослями (*Chamaecytisus ruthenicus* + *Carex humilis* + *Bromopsis riparia* + *Filipendula vulgaris*). Почва – выщелоченный чернозем. Площадь ЦП 10000 м<sup>2</sup>, численность 674 особи. Плотность особей – 0,07 особи/м<sup>2</sup>. Преобладают молодые особи (v) и зрелые генеративные особи (g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub>). Популяция нормальная, полночленная, она имеет хорошие шансы на выживание и способность к самоподдержанию.

Высокий показатель обилия в сообществах с *C. persicifolia* имеют: *Betonica officinalis* L., *Bromopsis riparia* (Rehmann) Holub, *Carex humilis* Leyss., *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., *Filipendula vulgaris* Moench, *Galium verum* L., *Geranium sanguineum* L. *Primula macrocalyx* Bunge, *Teucrium chamaedrys* L., *Vicia angustifolia* Reichard. Нами установлено, что общее проективное покрытие (ОПП) травостоя составляет 90 %. Проективное покрытие *C. persicifolia* – 7 %. В ЦП особи *C. persicifolia* размещены неравномерно, контагиозно, на расстоянии от 1 м до 2–3 м. Поскольку ЦП находится на охраняемой территории, где запрещено разжигание костров, проезд транспорта, выпас скота, сбор растений на букеты, состояние *C. persicifolia* хорошее.

*Vincetoxicum hirundinaria* Medikus – ластовень ласточкин. В ККСК *V. hirundinaria* приведен под названием *Vincetoxicum stauropolitanum* Pobed., отнесен к категории редкости 1(E) – исчезающий вид. Распространен в Европе, в черноземной полосе РФ, на Ставропольской возвышенности на Прикалаусских высотах (г. Брык) и на г. Стрижамент. 44°49'45"N, 42°04'21"E, Кочубеевский р-он, в 30 км к Ю от г. Ставрополя, подошва склона северной экспозиции г. Стрижамент, высота 484 м над ур.м. Луговая степь с кустарниковыми зарослями (*Crataegus rhipidophylla* + *Festuca pratensis* + *Carex humilis* + *Thymus marschallianus*). Почвы – карбонатный чернозем, мертвый покров – 2 см. Площадь ЦП около 400 м<sup>2</sup>, средняя численность особей на 1 м<sup>2</sup> колеблется от 2 до 5, общая численность около 500 экземпляров, плотность – 1,2 особи/м<sup>2</sup>. Преобладают виргинильные особи (v) и генеративные особи (g<sub>1</sub>). Популяция нормального типа, замечено возобновление. ОПП составляет 90 %, *V. hirundinaria* – 15 %.

Исследования показали, что для всех ЦП характерна низкая плотность особей (от 0,07 до 1,2 особей на 1 м<sup>2</sup>). Во всех ЦП особи размещены в пространстве неравномерно, контагиозно, растения

находились на расстоянии от 1 до 2–3 м друг от друга. Видовая насыщенность луговой степи отличается высокими показателями: 50–80 видов на 100 кв. м и 25–50 видов на 1 кв. м.

Особи *Anemone caucasica* подвергались вытаптыванию. Необходимо сохранить всю локальную популяцию, для чего необходимо проводить разъяснительную работу, ограничить доступ отдыхающих и местных жителей. В целом состояние исследованных видов на территории заказника хорошее.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Дударь Ю.А., Лиховид А.А.* Гора Стрижамент: к организации заповедника // Степной бюллетень. 2002. № 12. С. 40–44.
- Красная книга Ставропольского края.* Т. 1: Растения / под ред. А.Л. Иванова. Ставрополь : Астериск, 2013. 400 с.
- Полевая геоботаника : методическое руководство.* М., 1964. 530 с.
- Работнов Т.А.* Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии. // Проблемы ботаники. 1950а. Т. 1. С. 465–483.
- Работнов Т.А.* Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. 1950б. Сер. 3. Геоботаника. 204 с.
- Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР / Л.В. Денисова, С.В. Никитина, Л.Б. Заугольнова.* М. : ВНИИ охраны природы и заповедного дела Госагропрома СССР, 1986. 34 с.
- Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств. 1995. СПб., 992 с.

## Исследование редких и исчезающих видов растений в ботанических садах: традиционные и современные подходы

А.А. Ачимова<sup>1</sup>, Е.В. Жмудь<sup>2</sup>, И.Н. Кубан<sup>2</sup>, М.Б. Ямтыров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Алтайский филиал Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН «Горно-Алтайский ботанический сад», Республика Алтай, Россия; gabs@ngs.ru

<sup>2</sup> Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия; elenazhmu@ngs.ru

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы исследования редких и исчезающих видов растений в ботанических садах.

**Ключевые слова:** ботанические сады, редкие и исчезающие виды растений, охрана, природные популяции, современные методы исследований.

## The study of rare and endangered species of plants in the Botanical gardens: traditional and modern approaches

A.A. Achimova<sup>1</sup>, E.V. Zhmud<sup>2</sup>, I.N. Kuban<sup>2</sup>, M.B. Yamtyrov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Altai branch of the Central Siberian Botanical garden of the Siberian branch of Russian Academy of Sciences "Gorno-Altay Botanical garden", Altai Republic, Russia; gabs@ngs.ru

<sup>2</sup> Central Siberian Botanical garden SB RAS, Novosibirsk, Russia; elenazhmu@ngs.ru

**Abstract.** The article discusses the study of rare and endangered species of plants in Botanical gardens.

**Key words:** Botanical gardens, rare and endangered species of plants, protection, natural populations, modern research methods.

Одной из важных задач ботанических садов является сохранение редких и исчезающих видов растений. Для достижения этой цели применяются разные методы исследования.

Классическими методами изучения редких и исчезающих видов растений в ботсадах являются интродукция *in situ*, изучение природных популяций *ex situ*. Все сады имеют коллекции растений, нуждающихся в охране, проводятся работы по интродукции, созданию экспозиций, изучению в природе и культуре редких и исчезающих видов растений.

Самым универсальным методом в деле изучения, сохранения редких и исчезающих видов растений в ботсадах, по мнению Г.П. Семеновой (2007), является интродукционный. В работе «Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология и охрана» (2007) она обобщает многолетний опыт по изучению биологии, экологии редких и исчезающих видов растений, описаны методы их выращивания в культуре, дана методика изучения. На основе достижений автора проводится дальнейшее исследование устойчивых в интродукции редких видов сибирской флоры в местных ботанических садах.

В задачу исследования входит, в первую очередь, оценка состояния их популяций в природных условиях, для чего используются классические морфометрические методы. Их основное преимущество – быстрота и доступность при выполнении в полевых условиях.

В последние годы, наряду с традиционными, активно используются современные методы оценки разнообразия растений. К ним относится, например, метод ISSR-маркирования особей для проведения сравнительного генетического анализа популяций. Основой метода ISSR является анализ полиморфных участков ДНК между микросателлитами, широко представленными в геномах растений (Zietkiewicz et al., 1994; Gupta et al., 1994; Nybom, 2004). Данный метод хорошо воспроизводим, менее трудоемок и более прост в использовании, по сравнению с другими методами изучения полиморфизма ДНК. ISSR – метод позволяет обнаружить большее число полиморфных локусов и не требует предварительного клонирования и секвенирования фрагментов для подбора праймеров (Esselman et al., 1999). ISSR – маркеры относятся к маркерам доминантного типа наследования, не требуют предварительных данных о последовательности ДНК и, вместе с тем, дают более воспроизводимые результаты, чем RAPD-маркеры (Wolfe et al., 1998).

Во многих странах мира все более актуальной становятся проблемы реинтродукции или возвращения в природу объектов, предварительно размноженных в условиях культуры из экосистем, в которых данные виды были утрачены полностью или стали редкими. В России работы по реинтродукции в природные сообщества редких видов в качестве охраны биологического разнообразия еще недостаточно широко распространены, что связано с их долговременным характером, сложностью формирования и, зачастую, труднодоступностью популяций. Кроме того, в большинстве этих работ растительный материал, привлекаемый для реставрации популяций, оценивается лишь по ряду морфобиологических показателей. Генетический анализ растительного материала не предполагается ни

на одном из этапов проведения работ (Орлов, 2012; Данилова и др., 2012; Мулдашев и др., 2013; Широков и др., 2014). Для разработки стратегии охраны редких видов необходима оценка генетической структуры изучаемых популяций, в частности их генетического полиморфизма в природных условиях. В дальнейшем важнейшей составной частью этих исследований является оценка генетического статуса реинтродуцированных объектов, внедренных в природные условия, откуда когда-то были изъяты семена родительских особей для выращивания в условиях интродукции. Реинтродукция в природные условия может проводиться двумя способами: семенами и рассадой. Наиболее актуально проведение генетического анализа в случае проведения посевов, так как в процессе выращивания растений в культуре, несмотря на проводимую изоляцию, есть риск спонтанного переопыления с особями, интродуцированными из других местообитаний, несущих, возможно, чужеродную генетическую информацию. Это может привести к генетической гомогенизации аборигенной популяции и ослаблению её адаптивных возможностей (Neale, 2012). Генетическая структура у особей в популяциях редких видов исследована недостаточно. Поэтому вопросы о том, насколько велика генотипическая вариабельность между популяциями, произрастающими в различных эколого-географических условиях, отдаленных друг от друга на сотни километров, и внутривидовая изменчивость, весьма актуальны.

Изучение генетического разнообразия играет важную роль для сохранения биологических видов. Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) признал возможность исследования генетической составляющей при планировании и проведения природоохранных мероприятий наряду с изучением видового разнообразия и разнообразия экологических систем (Frankel, 1974). Сохранение биоразнообразия видовой состава растительности невозможно представить без комплексных исследований редких видов, и возможностей их сохранения, в том числе в культуре, с использованием методов биотехнологии и реинтродукции в пределах мест их естественного произрастания (Mistretta, White, 2001; Ren et al., 2010; Shaw et al., 2010). В число фундаментальных научных задач входит восполнение популяций редких и полезных растений адекватным генетическим материалом путем реинтродукции в природные условия в пределах естественного ареала вида.

В настоящее время актуальна идея увеличения биоразнообразия за счет сохранения и восполнения природных популяций, в частности аборигенных – редких и исчезающих видов (Guerrant, 2013). Уровень генетического разнообразия редких видов может существенно влиять на способность их популяций адаптироваться к изменениям окружающей среды и, следовательно, на их дальнейшее выживание (Примак, 2002; Frankham et al., 2002). Без предварительного знания генетической структуры популяций невозможно оценить перспективы дальнейшего существования изучаемого вида (Gordon et al., 2012; Lopes et al., 2014). Согласно некоторым данным итогов реинтродукции, более чем из 700 реинтродукционных проектов (всего 30 %) связано с растениями. В Европе 234 вида высших растений были объектом реинтродукции (Godefroid, 2011). Реконструкция природных популяций редких и исчезающих видов растений проводится следующими методами: транслокации (перенос живых растений или диаспор из другой части ареала) и реинтродукции (использование живого и семенного интродукционного материала) (Елисафенко, Дорогина, 2015). Использование метода реинтродукции для реконструкции (восстановления) природных популяций является одним из эффективных способов поддержания воспроизводства популяций и надежным инструментом для сохранения биоразнообразия (Akeroyd, Jackson, 1995). Это актуально для видов, обладающих широким дизъюнктивным ареалом и хорошо размножающихся семенами или вегетативно (Baskin et al., 2000; Trusty et al., 2009; Choudhury, Khan, 2010). Реконструкция методом реинтродукции рассадой или транслокацией взрослыми растениями у таких видов может в некоторых случаях дать лучшие результаты, чем посев семенами (Jusaitis et al., 2004; Reckinger et al., 2010). Но, как указывают ряд авторов, эти методы по восстановлению природных популяций экономически весьма затратны, и в первоочередную задачу должны входить исследования редких видов для сохранения уже существующих популяций (Maunder, 1992). Выбор методов восстановления природных популяций возможен только после изучения биологии прорастания семян, онтогенеза, состояния природных популяций и их генетического статуса. Это особенно актуально для видов, занимающих сравнительно небольшие территории, имеющих трудности с семенным возобновлением и активно используемых для кормовых, лекарственных целей. К числу таких видов из алтайской флоры следует отнести *Hedysarum theinum*, *Rhodiola rosea*, *Rhaponticum carthamoides* и др.

Таким образом, в вопросе изучения, сохранения редких и исчезающих видов необходимо сочетание классических и современных методов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Республики Алтай, проект №20-44-040003 п\_а.*

## ЛИТЕРАТУРА

- Данилова Н.С., Борисова С.З., Иванова Н.С., Афанасьева Е.А. Редкие растения окрестностей города Якутска. Новосибирск : Наука, 2012. 103 с.
- Елисафенко Т.В., Дорогина О.В. К вопросу о терминологии и восстановлении исчезнувших и исчезающих популяций // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Материалы V научн. конф., посвящ. 130-летию Гербария им. П.Н. Крылова и 135-летию Сибирского ботанического сада ТГУ (Томск, 20–22 октября 2015 г.). Томск : Издательский Дом ТГУ, 2015. С. 283–285.
- Мулдашев А.А., Маслова Н.В., Галеева А.Х., Елизарьева О.А. Опыт реинтродукции редкого реликтового вида *Allium hutenorhizum* Ledeb. (сем. *Alliaceae*) на Южном Урале // Современная ботаника в России. Труды III Съезда Русского ботанического общества и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна». Т. 3: Охрана растительного мира. Ботаническое ресурсосведение. Культурные растения. Ботаническое образование. Тольятти : Кассандра, 2013. С. 149–150.
- Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия / пер. с англ. О.С. Якименко, О.А. Зиновьевой. М. : Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. 256 с.
- Орлов Ю.Л., Бразин А.О., Медведева И.В. и др. ICGenomics: программный комплекс анализа символьных последовательностей геномики // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 4/1. С. 732–741.
- Семенова Г.П. Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология и охрана. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. 406 с.
- Широков А.И., Сырова В.В., Крюков Л.А., Штаркман Н.Н. Искусственное размножение и репатриация в природные местообитания *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. № 3 (3). С. 146–149.
- Akeroyd J., Wyse Jackson P. (eds). A handbook for Botanic Gardens for Reintroduction of Plants to the Wild. BGCI, 1995.
- Baskin J.M., Baskin C.C., Li X. Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds // Plant Species Biology. 2000. No 15. P. 139–152.
- Esselman E.J., Jiangiang D.J., Crawford J.L., Windus, Wolf A.D. Clonal diversity in the rare *Calamagrostis porteri* ssp. *insperata* (Poaceae): comparative results for allozymes and random amplified polymorphic DNA (RAPD) and intersimple sequence repeat (ISSR) markers // Molecular Ecology. 1999. Vol. 8, No 3. P. 443–451.
- Choudhury B., Khan M.L. Conservation and Management of Endangered Plant Species: a case study from Northeast India // Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability. 2010. Vol. 4, No 1. P. 47–53.
- Jusaitis M., Polomka L., Sorensen B. Habitat specificity, seed germination and experimental translocation of the endangered herb *Brachycome muelleri* (Asteraceae) // Biological Conservation. 2004. II 6: 25. 266 с.
- Maunder M., Culham A., Bordeu A., Allainguillaume J., Wilkinson M. Genetic diversity and pedigree for *Sophora toromiro* (Leguminosae): a tree extinct in the wild // Molecular Ecology. 1999. Vol. 8. P. 725–738.
- Mistretta O., White S.D. Introducing two federally listed carbonate-endemic plants onto a disturbed site in the San Bernardino Mountains, California. Southwestern Rare and Endangered Plants. Proc. 3rd Conf., Sept. 25–28, 2001. lagstaff, AZ. J. Maschinski and L. Holter. Boulder, CO., USDA Forest Service, RMRS-P-23. P. 20–26.
- Frankham R., Briscoe D.A., Ballou J.D. Introduction to conservation genetics. N.Y. : Cambridge University Press, 2002.
- Frankel O.N. Genetic conservation: Our evolutionary responsibility // Genetics, 1974. No 78. С. 53–65.
- Guerrant E.O. The value and propriety of reintroduction as a conservation tool for rare plants Botany. 2013. No 91 (5).
- Gordon M.B., Thompson E., Gowan T., Mosely D., Small J.A., Barrett D.M.W. 2012. The effects of a soybean and canola diet during pre-pubertal growth on dairy heifer fertility. J. Dairy Sci., 95 (e-suppl. 1): 800.
- Gupta M., Chyi Y-S., Romero-Severson J., Owen J.L. Amplification of DNA markers from evolutionarily diverse genomes using single primers of simple-sequence repeats // Theor Appl Genet. 1994. Vol. 89. P. 998–1006.
- Neale J.R. Genetic considerations in rare plant reintroduction: practical application (or how are we doing?) J. Maschinski, K.E. Haskins (Eds.) // Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils. Washington : Island Press, 2012. P. 71–88.
- Nybom H. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants // Mol. Ecol. 2004. Vol. 13. P. 1143–1155.
- Lopes M.S., Mendonc D., Bettencourt S.X., Borba A.R., Melo C., Baptista C., Machado A. Genetic diversity of an Azorean endemic and endangered plant species inferred from nter-simple sequence repeat markers // AoB PLANTS. 2014. 6: plu034.
- Trusty J.L., Miller I., Pence V., Plair B.L., Boyd R.S., Goertzen L.R. Ex situ conservation of the federally endangered plant species *Clematis socialis* Kral (Ranunculaceae) // Nat. Areas J. 2009. Vol. 29. P. 500–508.
- Reckinger C., Colling G., Matthies D. Restoring populations of the endangered plant *Scorzonera humilis*: influence of site conditions, seed source, and plant stage // Restor Ecol. Vol. 18. P. 904–913.
- Wolfe M., Schwarzbach S., Sulaiman R. Effects of mercury on wildlife: a comprehensive review // Environ Toxicol Chem. 1998. Vol. 17. P. 146–160.
- Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification // Genomics. 1994. Vol. 20. P. 176–183.

# Applying integrative taxonomy as a tool for revealing hybridisation events in *Stipa* (Poaceae)

E.Zh. Baiakhmetov<sup>1,2</sup>, P.D. Gudkova<sup>2,3</sup>, M. Nobis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jagiellonian University, Kraków, Poland; [evgenii.baiakhmetov@doctoral.uj.edu.pl](mailto:evgenii.baiakhmetov@doctoral.uj.edu.pl), [m.nobis@uj.edu.pl](mailto:m.nobis@uj.edu.pl)

<sup>2</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia; [pdgudkova2017@yandex.ru](mailto:pdgudkova2017@yandex.ru)

<sup>3</sup> Altai State University, Barnaul, Russia

**Abstract.** Hybridisation in the wild between closely related species is a common mechanism of speciation in the plant kingdom and, in particular, in the grass family. Here we show the usefulness of integrative taxonomy as a tool for revealing hybridisation events in *Stipa* (one of the largest genera in Poaceae). We demonstrate the usage of the classical morphological approach combining with scanning electron microscopy data, as well as analyses of pollen grains, and the application of molecular techniques including data derived from next generation sequencing. We illustrate the application of this integrative tool by specific examples: (1) in the *S.* × *heptapotamica* hybrid complex comprising morphologically distant but genetically closely related species, and (2) in the *S.* × *lazkovii* hybrid complex containing genetically distant species.

**Key words:** natural hybridisation, ISSR, NGS, DArTseq, pollen viability, SEM, integrative taxonomy, *Stipa*.

## Применение интегративной таксономии как инструмента для выявления событий гибридизации в роде *Stipa* (Poaceae)

Е.Ж. Баяхметов<sup>1,2</sup>, П.Д. Гудкова<sup>2,3</sup>, М. Nobis

<sup>1</sup> Ягеллонский университет, Краков, Польша; [evgenii.baiakhmetov@doctoral.uj.edu.pl](mailto:evgenii.baiakhmetov@doctoral.uj.edu.pl), [m.nobis@uj.edu.pl](mailto:m.nobis@uj.edu.pl)

<sup>2</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; [pdgudkova2017@yandex.ru](mailto:pdgudkova2017@yandex.ru)

<sup>3</sup> Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

**Аннотация.** Гибридизация в дикой природе между близкородственными видами – распространенный механизм видообразования в царстве растений и, в частности, в семействе злаковых. Здесь мы показываем использование интегративной таксономии как инструмента для выявления событий гибридизации у *Stipa*, одного из крупнейших родов Poaceae. Показано использование классического морфологического подхода в сочетании с данными сканирующей электронной микроскопии, анализом пыльцевых зерен и применением молекулярных методов, включая данные, полученные в результате «секвенирования следующего поколения» (NGS). Применение интегративной таксономии показано на конкретных примерах: (1) в гибридном комплексе *S.* × *heptapotamica*, включающем морфологически далекие, но генетически близкие виды, и (2) в гибридном комплексе *S.* × *lazkovii*, содержащем генетически далекие виды.

**Ключевые слова:** естественная гибридизация, ISSR, NGS, DArTseq, жизнеспособность пыльцы, интрогрессия, SEM, интегративная таксономия, *Stipa*.

Hybridisation in the wild between closely related species is a common mechanism of speciation in the plant kingdom (Goulet et al., 2017). Due to the prevalence of polyploidy found in angiosperms, it has been estimated that around 11 % of flowering plants may have arisen through hybridisation events (Arnold, 2006). In general, hybridisation is often accompanied by introgression and causes gene transfer between species via repeated backcrossing (Suarez-Gonzalez, 2018). On the one hand, it may have contributed to species diversity and speciation, on the other, deleterious consequences of hybridisation such as decreased fitness, genetic assimilation and gene swamping may drive populations toward the brink of extinction (Mota, 2019).

The genus *Stipa* L. belongs to the subfamily Pooideae and alongside with Bambusoideae (bamboos), and Oryzoideae (rices) form the so-called BOP clade. The BOP species are known as the “cool season” or “poid” grasses and all are C<sub>3</sub> and distributed in temperate climates. Following Tzvelev (1974), the genus *Stipa* includes six main sections *Barbatae* Junge, *Leiostipa* Dumort, *Pseudoptilagrostis* Tzvelev, *Regelia* Tzvelev, *Stipa*, and *Smirnovia* Tzvelev, and comprises over 150 species native to Asia, Europe and North Africa (Nobis, 2014; Nobis et al., 2020). In its strict sense, the genus is monophyletic, but subdivisions within the genus are not consistently supported by available molecular data (Kellogg, 2015).

For decades it has been hypothesised that some *Stipa* taxa arose via hybridisation (Smirnov, 1970; Tzvelev, 1976; Kotukhov, 2002; Nobis, 2013). According to our observations, *Stipa* hybrids reproduce vegetatively and, less frequently, sexually (Nobis, 2013). Based on morphology, a hybrid origin can be attributed to ca. 30 % of *Stipa* species, where only in Middle Asia 23 of 72 species are regarded as nothospecies (Nobis et al., 2020).

In the present study, we demonstrate the usefulness of integrative taxonomy as a tool for revealing hybridisation events in *Stipa* by specific examples: (1) in the hybrid complex *S.* × *heptapotamica* comprising morphologically distant but genetically closely related species, and (2) in the hybrid complex *S.* × *lazkovii* containing genetically distant species.

The *S. × heptapotamica* hybrid complex includes a very rare and endemic species, *S. heptapotamica* Golosk. that always grows within the contact zones of *S. richteriana* Kar. & Kir. and *S. lessingiana* Trin. & Rupr. in eastern and southern Kazakhstan (Nobis et al., 2019). We hypothesised that *S. heptapotamica* could be a hybrid of these two taxa, which, according to Tzvelev (1974), belong to two different sections, sect. *Leiostipa* Dumort. and sect. *Subbarbatae* Tzvelev, respectively.

To verify our hypothesis, we applied the classical morphometry using the measurement of the 14 most informative morphological characters commonly used in keys and taxonomic description of *Stipa*. In addition, we performed an ultrastructural analysis of the lemma and lamina using scanning electron microscopy (SEM). Both analyses demonstrated that *S. heptapotamica* has intermediate characters between *S. richteriana* and *S. lessingiana*. Further, we accomplished a viability test using Alexander's stain. The test showed that the frequency of viable pollen grains was very high in *S. lessingiana* and *S. richteriana* (94 % and 87 % respectively), while for *S. heptapotamica* it was less than 50 % (Figure 1).

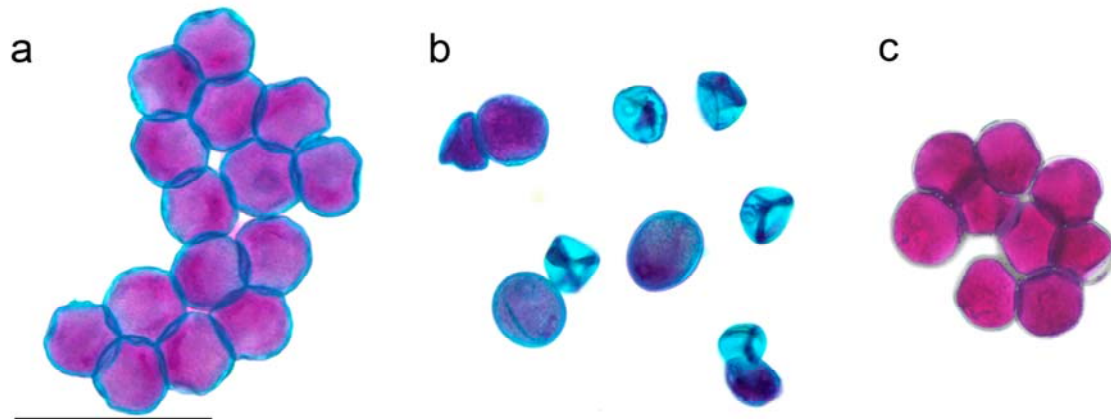


Figure 1. Pollen grains of *Stipa* taxa stained with Alexander's dye: a – *S. lessingiana*, b – *S. heptapotamica*, c – *S. richteriana*. Scale bar 50  $\mu$ m. The figure adapted from Nobis et al., 2019

Furthermore, to explore the differences at the molecular level, we performed analyses based on inter simple sequence repeat markers (ISSR) and next-generation sequencing (NGS) data derived from whole chloroplast genomes and the nuclear Intergenic Spacer (IGS). The ISSR markers revealed hybridisation events between *S. lessingiana* and *S. richteriana*, and demonstrated possible introgression processes between *S. lessingiana* and *S. heptapotamica*, whereas NGS data analyses confirmed the maternal inheritance of a plastome from *S. lessingiana* in *S. heptapotamica* and supported the finding of cryptic lineages within *S. richteriana*.

The *S. × lazkovii* hybrid complex includes a very rare and endemic species, *S. × lazkovii* M. Nobis & A. Nowak, that was found in eastern Kyrgyzstan only in one locality (Baiakhmetov et al., 2020). Due to all specimens of *S. × lazkovii* seeming to be morphologically intermediate between two species from the same locality, we hypothesised that they can be hybrids between *S. krylovii* Roshev. and *S. bungeana* Trin. Although, traditionally both putative parental taxa were assigned to the section *Leiostipa* (Tzvelev, 1976), they are distant phylogenetically and belong to two different clades (Nobis et al., 2019; Krawczyk et al., 2017).

For this hybrid complex, we performed an analysis of macro-characteristics based on the 22 most informative quantitative and three qualitative morphological characters. Next, we used an ultrastructural analysis of the lemma and lamina using SEM. Both analyses suggested that *S. × lazkovii* has intermediate characters between *S. krylovii* and *S. bungeana*. Further, we applied the DArTseq approach representing a combination of DArT complexity reduction methods and next generation sequencing platforms (Sansaloni C. et al., 2011). In total, 76,604 silicoDArT and 19,133 SNPs markers revealed that all *S. × lazkovii* specimens are F1 hybrids. In addition, molecular markers detected an introgression event between *S. bungeana* and *S. glareosa* (Figure 2).

The study of the *S. × lazkovii* hybrid complex highlighted the applicability of genome reduction approaches such as DArTseq in studies on natural hybridisation in the wild, and specifically in a grass genus *Stipa*. The high density genome wide genotyping-by-sequencing resulted in a total of 137,437 silicoDArT and 125,850 SNPs markers, of which 76,604 silicoDArT and 19,133 SNPs provided robust information of the *Stipa* genome in the absence of the reference sequence information. Such number of markers is several 100-fold higher than was achieved in the study on the *S. × heptapotamica* hybrid complex.



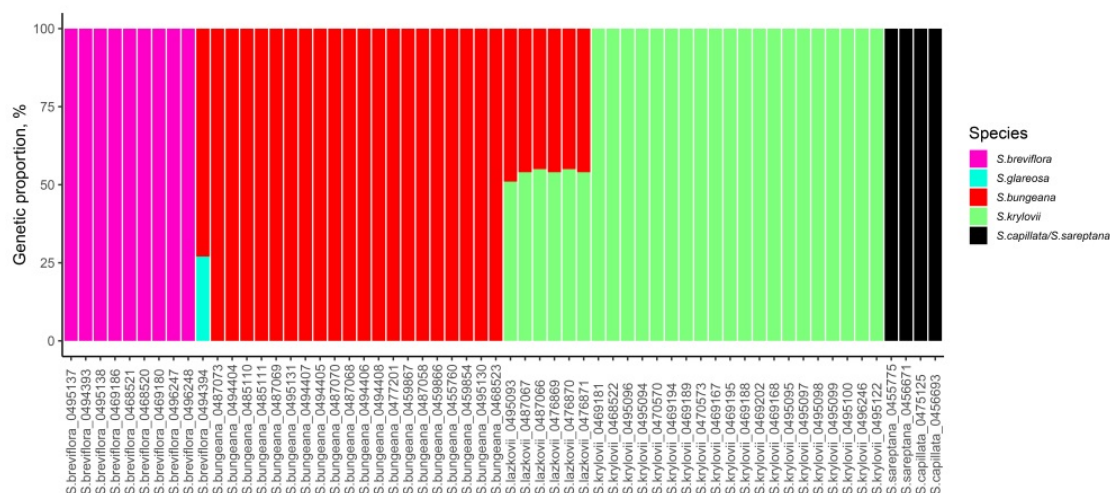


Figure 2. FastSTRUCTURE result based on 76,604 SilicoDART markers for K = 5  
The figure adapted from Baiakhmetov et al., 2020

Thus, currently, in our studies on hybridisation in *Stipa* within integrative taxonomy we successfully apply: (1) classical morphometry, (2) SEM, (3) pollen viability tests, (4) molecular markers including ISSR, Silico DART, as well as SNPs derived from DARTseq, and NGS data of cpDNA and nDNA loci.

*The study was supported by RFBR (research project No 18-34-20112 mol\_a\_ved.).*

#### REFERENCES

- Arnold M.L. Evolution Through Genetic Exchange. Oxford: Oxford University Press, 2006. 252 p.
- Baiakhmetov E. et al. Morphological and genome-wide evidence for natural hybridisation within the genus *Stipa* (Poaceae) // Sci. Rep. 2020. Vol. 10. Iss. 13803.
- Goulet B.E. et al. Hybridization in Plants: Old Ideas, New Techniques // Plant Physiol. 2017. Vol. 173. P. 65–78.
- Kellogg E.A. Subfamily Pooideae in The families and genera of vascular plants (K.Kubitzki, ed.). Springer International Publishing. 2015. 199–229 pp.
- Kotukhov Y.A. Synopsis of feather grass (*Stipa* L.) and false needlegrasses (*Ptilagrostis* Griseb.) the eastern of Kazakhstan (The Kazakh Altai, Zaisan valley and Prialtayskie ranges) // Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazakhstana. 2002. Vol. 8. P. 3–16.
- Krawczyk K. et al. Phylogenetic implications of nuclear rRNA IGS variation in *Stipa* L. (Poaceae) // Sci. Rep. 2017. Vol. 7. Iss. 11506.
- Mota M.R. et al. The role of hybridization and introgression in maintaining species integrity and cohesion in naturally isolated inselberg bromeliad populations // Plant Biology. 2019. Vol. 21. P. 122–132.
- Nobis M. Taxonomic revision of the *Stipa lipskyi* group (Poaceae: *Stipa* section *Smirnovia*) in the Pamir Alai and Tian-Shan Mountains // Plant Syst. Evol. 2013. Vol. 299. P. 1307–1354.
- Nobis M. Taxonomic revision of the Central Asiatic *Stipa tianschanica* complex (Poaceae) with particular reference to the epidermal micromorphology of the lemma // Folia Geobot. 2014. Vol. 49. P. 283–308.
- Nobis M. et al. Hybridisation, introgression events and cryptic speciation in *Stipa* (Poaceae): a case study of the *Stipa heptapotamica* hybrid-complex // Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst. 2019. Vol. 39. Iss. 125457.
- Nobis M. et al. A revision of the genus *Stipa* (Poaceae) in Middle Asia, including a key to species identification, an annotated checklist and phytogeographic analysis // Annals of the Missouri Botanical Garden. 2020. Vol. 105. P. 1–63.
- Sansaloni C. et al. Diversity arrays technology (DART) and next-generation sequencing combined: genome-wide, high throughput, highly informative genotyping for molecular breeding of *Eucalyptus* // BMC Proc. 2011. Vol. 5. Iss. P54.
- Smirnov P.A. Stiparum Armeniae minus cognitarum descriptions // Byull. Moskovsk. Obshch. Isp. Prir. Otd. Biol. 1970. Vol. 75. P. 113–115.
- Suarez-Gonzalez A. et al. Adaptive introgression: a plant perspective // Biol. Lett. 2018. Vol. 14. Iss. 20170688.
- Tzvelev N.N. Notulae de tribu Stipeae Dum. (fam. Poaceae) in URSS // Novosti Sistematiki Vyssih Rastenij. 1974. Vol. 11. P. 4–20.
- Tzvelev N.N. Zlaki USSR. Nauka Press. 1976.

## Полевая оценка мутантных линий кукурузы на устойчивость к основным болезням

Е.Н. Былич

*Институт генетики физиологии и защиты растений, Кишинев, Молдова; bylici.alena@mail.ru*

**Аннотация.** Представлены результаты оценки образцов генетической коллекции кукурузы по устойчивости к некоторым фитопатогенам в агроклиматических условиях центральной зоны Молдовы.

**Ключевые слова:** устойчивость, патогены, распространенность болезни.

## Field assessment of mutant maize lines for resistance to diseases

E.N. Bylici

*Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Chisineu, Moldova; bylici.alena@mail.ru*

**Abstract.** The results of a field evaluation of the genetic collection of corn by resistance susceptibility to phytopathogens in the agro-climatic conditions of the central zone of Moldova are presented.

**Key words:** resistance, pathogens, disease prevalence.

Расширение генетического разнообразия кукурузы по факторам устойчивости и адаптивности, а также следование выбранной в XX веке стратегии селекции преимущественно на неспецифический тип устойчивости к патогенам и фитофагам, обеспечивает длительное сдерживание всплеск их массового размножения. Дальнейшее изучение типов устойчивости, её эколого-генетической экспрессии и характера связи с продуктивностью расширяют перспективы зонального районирования гибридов по биоэкологически значимым приоритетам: адаптивности, продуктивности, устойчивости к патогенам (Иващенко, 2015). Комплексность оценок при характеристике образцов коллекции по тому или иному параметру является необходимым условием при формировании признаковых коллекций такой культуры как кукуруза.

Материалом для полевых опытов служили 15 мутантных линий генетической коллекции лаборатории генетических ресурсов растений ИГФЗР и коллекции ВИР (Каталог..., 1984). Оценка образцов кукурузы проводили на естественных фонах в климатических условиях 2019 года. При закладке полевых опытов использовали традиционную для данной культуры схему посева и агротехнику. Морфологические и фенологические параметры растений характеризовали согласно классификатору для данной культуры (Descriptors..., 1985). Необходимые измерения выполняли как в период вегетации, непосредственно в поле, так и после уборки, в лабораторных условиях.

При учете болезней определяли два показателя: распространение или количество пораженных растений на делянке и развитие или степень пораженности органов. Первый показатель (P) устанавливали по формуле:  $P = n \times 100 / N$ , где N – общее количество растений в пробах; n – количество больных растений. Степень развития (R) болезни или средняя пораженность отдельных органов в процентах определяли по формуле:  $R = \sum(a \cdot b) \cdot 100 / NK$ , где  $\sum ab$  – сумма произведений количества больных растений на соответствующий им балл или процент пораженности; N – общее количество анализированных растений; K – наивысший балл шкалы. Балловую оценку интенсивности развития болезней проводили по следующей шкале: 0 – растения здоровые; 1 – слабое поражение органа или растения; 2 – среднее поражение, сильно пораженных органов нет; 3 – сильное поражение органов и гибель растений (Койшыбаев, Муминджанов, 2016).

Эффективность оценок коллекционных образцов на устойчивость к болезням зависела от наличия инфекционного фона и соответственно компонент его формирующих. Агрометеорологические условия 2019 г. характеризовались избыточным количеством осадков в начале вегетационного периода (май, июнь – выше нормы на 15 %), что существенно увеличивало величину инфекционной нагрузки.

Симптомы пузырчатой и пыльной головни фиксировали уже в фазе цветения мужских и женских соцветий. При статистическом анализе полученных данных по степени распространенности *Ustilago maydis* выявили в среднем невысокий уровень (6,4 %) этого показателя с интенсивностью поражения растений от 0 до 2 баллов (при максимальном уровне – 3 балла). В соответствии с результатами, представленными на диаграмме 1, как наиболее восприимчивая (R = 13,3 %) характеризовалась линия Chisinau o2 419-2. В меньшей степени (R = 10,0 %) были поражены растения трех линий: Chisinau o2 245, B37 su2 и C 33. В группу слабовосприимчивых вошли три инбредные линии (C 77, C 104 и

С 546), при уровне средней пораженности от 5 до 3 %. У восьми линий характерных симптомов пузырчатой головни обнаружено не было, что позволило их отнести к группе устойчивых.

Распространение пыльной головни (*Sporisorium reilianum* McAlp) у изучаемых линий было незначительным, в среднем показатель составил 1,1 %. Отмечали 5 % степень развития болезни у трех генотипов (Chisinau o2 245, С 141, С 35).

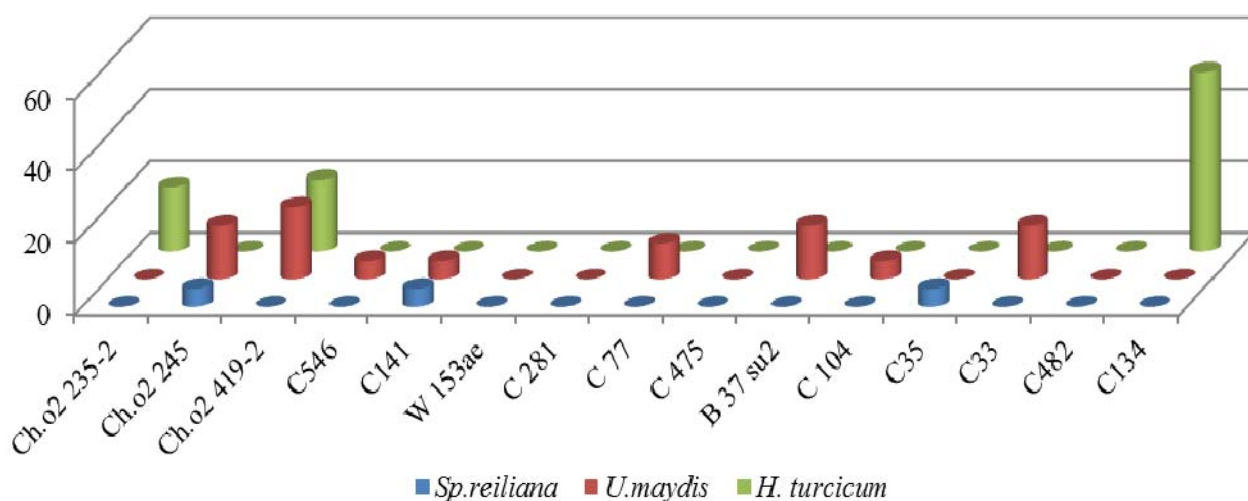


Рис. 1. Процент пораженных растений у мутантных линий кукурузы

Проявление бурой пятнистости листьев (*Helminthosporium turcicum* Pass) было выявлено у трех линий (С 134, Chisinau o2 419-2 и Chisinau o2 235-2). Высокая степень поражения (R = 66,7 %) мутантной линии *yg15* (С 134) способствовала высыханию листьев и почти полной редукции продуктивных початков. В меньшей степени были поражены растения двух линий Chisinau o2, у которых этот показатель составил 20,3 %. Возможной причиной развития фитопатогенов у трех мутантных линий являлась сохранившаяся при хранении семян инфекция в семенах, так как симптомов заболевания у остальных образцов коллекционного питомника обнаружено не было. Во время уборки при выбраковке инфицированных фузариозом початков определяли количество и интенсивность повреждений для каждого образца коллекции. Анализ полученных данных выявил генотипические различия по распространенности и развитию болезни.

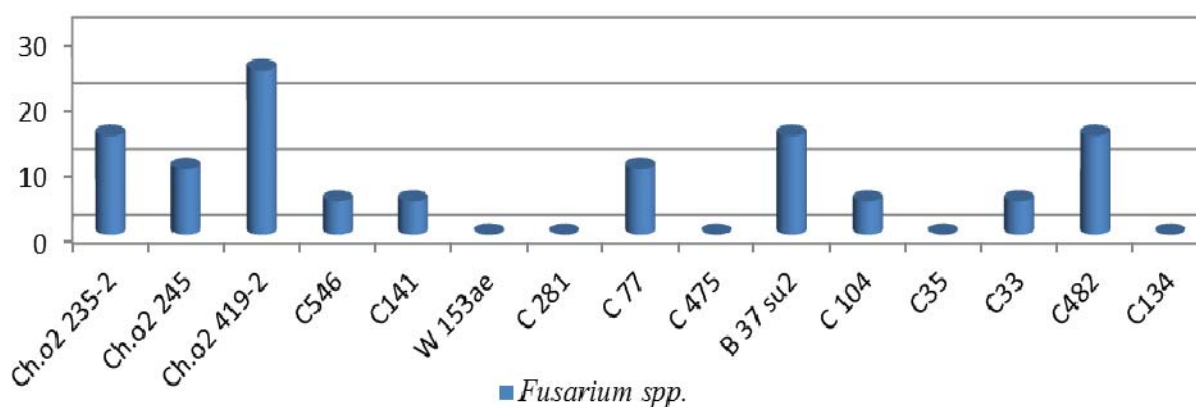


Рис. 2. Оценка линий по степени восприимчивости к фузариозу початков (*Fusarium spp.*)

Процент поврежденных початков в среднем по выделенным образцам коллекции был невысок (15,0 %), что связано с отсутствием благоприятных условий для развития инфекции во второй половине вегетационного периода (среднесуточные температуры июля и августа превышали 25°C, при отсутствии осадков). Как наиболее восприимчивая к фузариозу, была выделена линия Chisinau o2 419-2, развитие болезни которой составило 21,5 %. В меньшей степени были повреждены початки линий С 77, С 482 и Chisinau o2 235-2, для которых этот показатель составил 12,5 %. Группу слабовосприимчивых (P = 5 %) составили четыре линии: С 546, С 141, С 104 и С 33. При обследовании растений пяти мутантных линий симптомов грибной инфекции не было обнаружено, что позволило выделить эти генотипы (С 35, W153 ae, С 475, С 134, С 281) как не восприимчивые.

Идентификация возбудителей фузариоза была проведена в лаборатории молекулярной генетики методом двухстадийной ПЦР с использованием специфических праймеров. В результате молекулярного анализа были выявлены такие фитопатогены как *F. verticillioides* и *F. oxysporum*.

Таким образом, в результате иммунологических оценок коллекционных образцов на устойчивость к основным болезням кукурузы в агроклиматических условиях 2020 г. были выявлены генетические источники комплексной устойчивости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Иващенко В.Г.* Болезни кукурузы: этиология, мониторинг и проблемы сортоустойчивости // Приложение к журналу «Вестник защиты растений». Санкт-Петербург ; Пушкин : ФГБНУ ВИЗР, 2015. 286 с.
- Каталог* мировой коллекции ВИР. Генетическая коллекция кукурузы. Л., 1984. Вып. 396. 280 с.
- Койшыбаев М., Муминджанов Х.* Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Анкара, 2016. URL: <http://www.fao.org/3/a-i5550r.pdf>
- Descriptors List species Zea mays* L. Praha, 1986. 43 p.

## Параметры развития весенних и летних морф *Metopolophium dirhodum* Walk. (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae) при сезонной смене хозяев в растительных сообществах

А.Б. Верещагина, Е.С. Гандрабур

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург – Пушкин, Россия;  
helenagandrabur@gmail.com

**Аннотация.** Определены некоторые параметры развития у весенних (основательницы и эмигранты) и летних (бескрылые виргинопары) морф *Metopolophium dirhodum* Walk., повреждающих растения рода *Rosa* и сем. Poaceae. Проведена диагностика клонов, представляющих популяцию тли, обитающей на северо-западе России. Показано, что адаптации морф различных клонов включают изменчивость скорости развития, плодовитости, способности к расселению.

**Ключевые слова:** Шиповник, пшеница, тли, морфы, клоны, параметры, развитие.

## Development parameters of spring and summer morphs of *Metopolophium dirhodum* Walk. (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae) during seasonal change of hosts in plant communities

A.B. Vereschagina, E.S. Gandrabur

All-Russian Research Institute of Plant Protection, Russian Federation, St. Petersburg – Pushkin, helenagandrabur@gmail.com

**Abstract.** Some developmental parameters were determined of the spring (fundatrix and emigrants) and summer (wingless virginoparas) morphs of *Metopolophium dirhodum* Walk., damaging plants of *Rosa* and Poaceae. Diagnosis of clones representing the aphid population found in northwestern Russia has been performed. It has been shown that morph adaptations of various clones include variability in the rate of development, fertility, and ability to resettle.

**Key words:** Dog-rose, wheat, aphids, morphs, clones, parameters, development.

Представители рода *Rosa* L. (сем. Rosaceae Juss), как и представители сем. Poaceae Barnhart широко известны как декоративные, пищевые и лекарственные культуры. В России ведется селекция не только злаковых культур, но и шиповника (Ильин, 2017). Их видовое и внутривидовое разнообразие широко представлено в ботанических садах (Вишневский, 2017).

Жизненный цикл розанно-злаковой тли *Metopolophium dirhodum* Walk. как гетероцидного (двудомного) вида включает сезонную смену этих двух систематически удаленных групп растений (<http://www.aphidsonworldsplants.info>). Питание тлей вызывает повреждения растений не только в результате поглощения ассимилятов, но и переноса вирусной инфекции (van Emden, Harrington, 2007).

Особенности клонального состава и развития морф *M. dirhodum* на северо-западе ареала изучены крайне слабо, хотя в условиях современных климатических и погодных изменений значимость данного вида как вредителя может возрасти.

Целью работы было сравнительное изучение сезонных изменений в развитии клонов *M. dirhodum*, определяющих их адаптивность в современных условиях хозяйственной деятельности человека.

Развитие *M. dirhodum* изучали в вегетационных условиях при питании на 3-летних саженцах *Rosa rugosa* Thub. и всходах яровой мягкой пшеницы с. Ленинградская 6.

Выход основательниц из зимовавших яиц в 2018–2019 гг. наблюдался 12.04–17.04, начало репродукции 28.04–2.05. Нами показано, что реализованная плодовитость основательниц составила  $42 \pm 1,3$  личинки. Клональная изменчивость данных показателей представлена на рис. 1.

Период от рождения до начала репродукции основательниц составил  $17,5 \pm 0,6$  дней. Лёт эмигрантов *M. dirhodum* на травы начинался 11.05–19.05. На примере эмигрантов проведена диагностика клонального состава *M. dirhodum* при питании на всходах пшеницы Ленинградская 6 (рис. 2).

Численность потомства эмигрантов варьировала в пределах 49–258 особей, его способность к расселению оказалась низкой из-за отсутствия или низкого количества крылатых особей и даже личинок с зачатками крыльев. Продолжительность периода от рождения до начала репродукции бескрылых летних вивипар у клонов *M. dirhodum* составила от  $9,2 \pm 0,4$  до  $12,0 \pm 0,8$  дней. Более длительный период созревания потомков часто сопровождался более низкой их численностью.

Некоторое количество крылатых имаго и личинок с зачатками крыльев в потомстве клонов на пшенице наблюдалось в июне и варьировало 0–3,6 % и 0–4,8 % соответственно. В сентябре в потомстве

всех клонов были крылатые самки, у некоторых клонов – до 50 %. Более высокая численность потомков отмечена у эмигрантов и бескрылых вивипар у 15 клонов в начале лета (июнь) (рис. 3). На понижение температуры в июле и сентября тли быстро реагировали снижением скорости размножения в 1,4–1,8 раза.

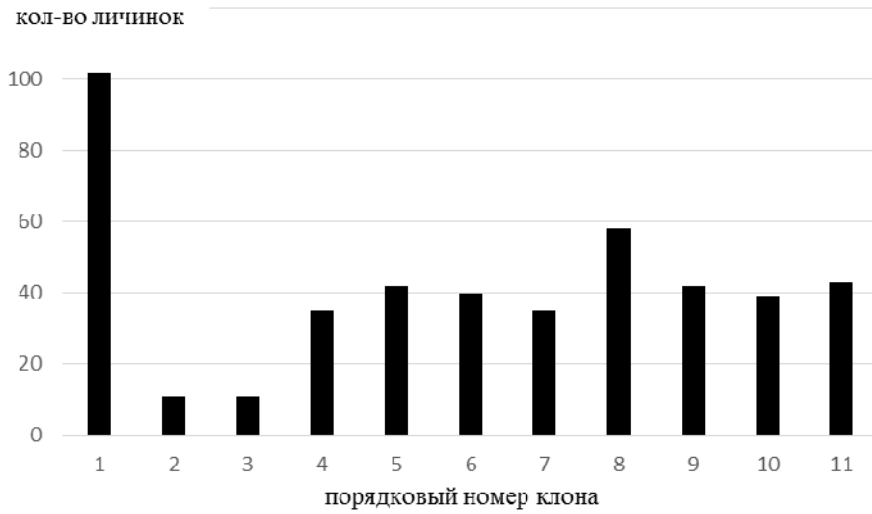


Рис. 1. Реализованная плодовитость основательниц *Metopolophium dirhodum*

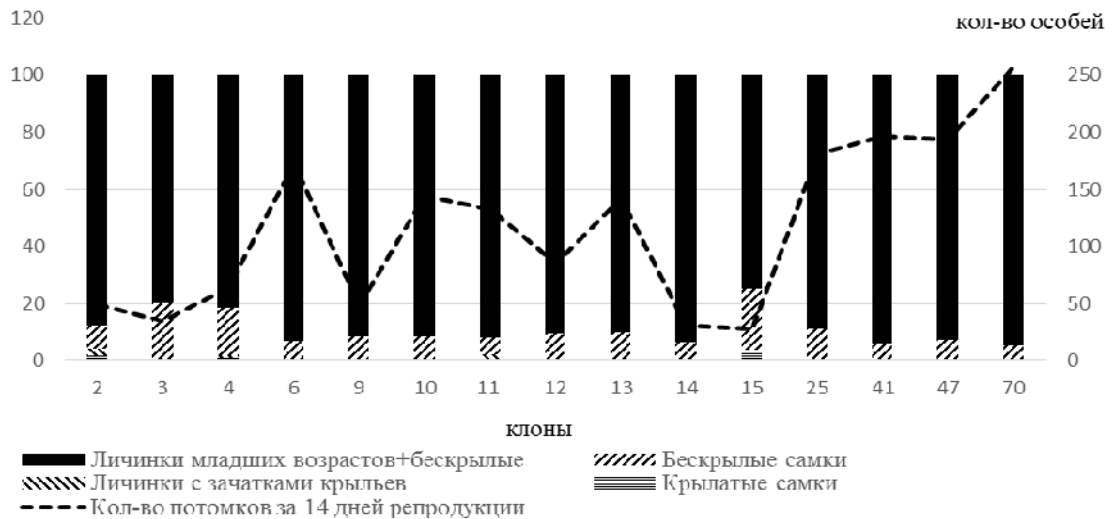


Рис. 2. Численность и состав потомства эмигрантов *Metopolophium dirhodum* различных клонов за 14 дней репродукции при питании на всходах яровой мягкой пшеницы с. Ленинградская 6

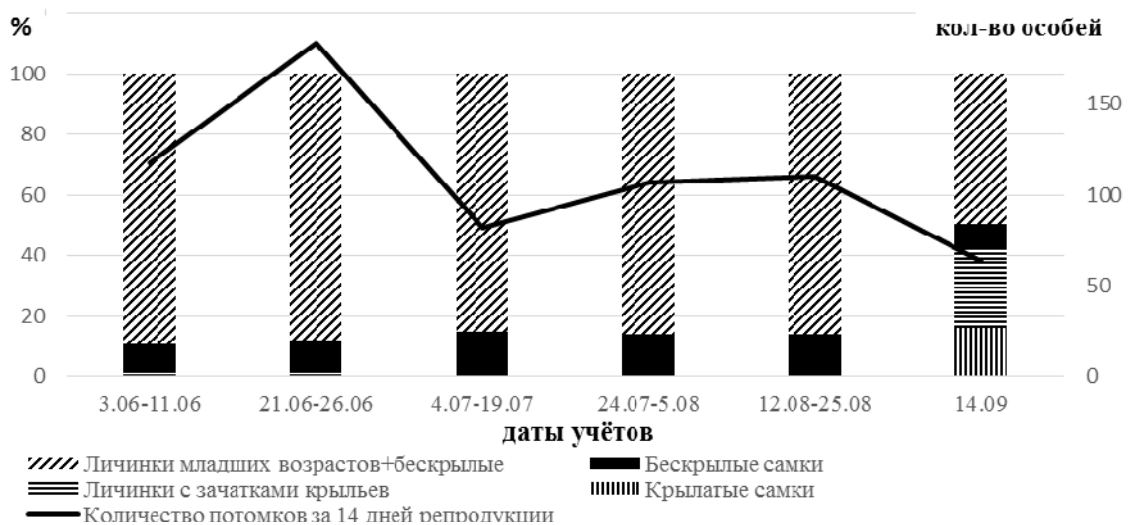


Рис. 3. Сезонные изменения скорости репродукции и состава потомства у эмигрантов (1-й учет) и бескрылых летних вивипар *Metopolophium dirhodum*

Материалы, полученные за 4 года исследований в рамках аспирантуры Е.С. Гандрабур оформлены в виде выпускной квалификационной работы и диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Вишневский М.* Готовим из дикоросов (деревья и кустарники) / под ред. Н. Замятиной. М. : Проспект, 2017. 790 с.

*Ильин В.С.* Шиповник, клюква и другие редкие культуры сада. Челябинск : ФГБНУ ЮУНИИСК, 2017. 318 с.

*Emden van H.F., Harrington R.* Aphids as crop pests. Wallingford : CABI Publishing series, 2007. 717 p. URL:  
<http://www.aphidsonworldsplants.info>

## Динамика видового состава растительности аласов при демутации

Л.Д. Гаврильева

Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Россия; [adoxa@mail.ru](mailto:adoxa@mail.ru)

**Аннотация.** Рассматривается изменение видового состава растительности деградированных аласных пастбищ в процессе восстановления.

**Ключевые слова:** Алас, пастбищная дигрессия, видовой состав, демутация, восстановление.

## Dynamics of species composition of alas vegetation during demutation

L.D. Gavrilyeva

North of North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia; [adoxa@mail.ru](mailto:adoxa@mail.ru)

**Abstract.** Change of species composition of degraded alas pastures vegetation in process of restoration is considered.

**Key words:** Alas, grazing digression, species composition, demutation, restoration.

На Лено-Амгинском междуречье Центральной Якутии, где распространены аласы – ландшафты криолитозоны, представляющие собой котловины со своеобразными почвами, растительностью, расположенными концентрическими поясами вокруг озера – используемые как кормовые угодья, имеют большое значение развития для животноводства. Несмотря на большую территорию, проблема обеспечения скота кормами в республике стоит остро. В последние десятилетия наблюдается сокращение поголовья крупного рогатого скота и увеличение поголовья лошадей, пасущихся в течение всего года (табунное коневодство), рост численности которых, повышает нагрузку на пастбища, уменьшает их емкость и требует больших площадей.

В результате перенагрузки пастбищ наблюдается значительное снижение продуктивности травостоев, интенсивное изменение видового состава. Выделены 3 стадии пастбищной дигрессии: I – стадия слабой сбитости. II – стадия средней сбитости. III – стадия сильной сбитости (Гаврильева, Миронова, 1998; Гаврильева, 2009).

Воспрепятствовать столь нежелательным последствиям можно лишь внедрением пастбищеоборота, при котором нагрузка скота нормируется и разным участкам периодически предоставляется отдых. С целью изучения процесса постпастбищной демутации были изолированы от выпаса специальными изгородами площадки на аласах, находящиеся на разных стадиях пастбищной дигрессии.

На верхнем поясе недостаточного увлажнения были изолированы от выпаса участки осочково-пырейного типа (II стадии дигрессии и полынно-осочкового типа (III стадия дигрессии). На среднем поясе оптимального увлажнения – участки пырейного типа (II стадии дигрессии) и сведово-горцового типа (III стадия дигрессии). Ежегодно в середине июля внутри опытных площадок и за их пределами проводились исследования по общепринятым методикам (Полевая геоботаника, 1964; Миркин, 1985). продуктивности надземной фитомассы брались укосы с площади 0,1 м<sup>2</sup> в пятикратной повторности. Укосы в сухом состоянии разбирались по видам и взвешивались.

В сообществах II стадии дигрессии на обоих поясах изменения видового состава происходят постепенно, из сообществ выпадают пастбищные и сорные виды и на 6-м году изоляции образовывается сообщество с доминированием *Elytrigia repens* (L.) Nevski) на верхнем поясе и чистый пырейный травостой – на среднем (табл. 1).

Наиболее интенсивно изменения растительности происходят на сильно сбитых пастбищах III стадии дигрессии. На верхнем поясе уже с первого года изоляции проективное покрытие *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link, который хорошо поедается всеми видами скота, особенно в первые фазы развития, и встречался на сильно сбитом пастбище единично, заметно увеличивается, а со второго года этот вид становится доминантом, вытесняя сорное разнотравье. С третьего-четвертого года изоляции повышается обилие *Poa pratensis* и *Knorringia sibirica*, в травостое единично встречаются *Thalictrum simplex*, *Erigeron acer*. На среднем поясе в первый год изоляции увеличивается обилие *Puccinellia tenuiflora* (Griseb.) Scriber et Merr), *Knorringia sibirica*, видов, типичных для естественных сообществ аласов, которые со второго-третьего года становятся доминантами (табл. 2).

При изоляции от выпаса уже на второй год значительно повышается продуктивность, увеличивается в общей фитомассе доля злаков-мезофитов, происходит заметное снижение доли



синатропного разнотравья, постепенно внедряются виды, обычные для аласов. Ход изменения видового состава зависит от стадии деградации сообществ. Наиболее интенсивно изменения растительности происходят на сильно сбитых пастбищах III стадии дигрессии.

Таблица 1

**Динамика синтетических характеристик и видового состава сообщества аласов I  
I стадии дигрессии при пастбищной демуляции**

Показатель	До изоляции	Годы сукцессии					
		1	2	3	4	5	6
Верхний пояс							
Проективное покрытие, %	60	60	70	80	90	90	80
Средняя высота, см	5–7	50	50	50	80	80	60
Надземная фитомасса, г/м <sup>2</sup>	21,0	114,0	109,0	107,0	324,0	249,0	223,0
<i>Elytrigia repens</i>	2	4	4	5	5	5	5
<i>Carex duriuscula</i> C.F. Mey.	4	3	4	4	3	1	2
<i>Saussurea amara</i> (L.) DC	1	1	+			+	1
<i>Artemisia commutata</i> Bess.	1	1	2	2	2		
<i>Taraxacum ceratophorum</i> (Ledeb.) DC.	1	1	+		1		
<i>Veronica incana</i>	+	+	1		+		
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Schur	1						
<i>Plantago media</i> L.	+						
<i>Potentilla norvegica</i> L.	+	+		+			
<i>Arabis pendula</i> L.	+	+					
<i>Poa pratensis</i> L.		1	1	+	2	1	2
<i>Crepis tectorum</i> L.			+				
<i>Festuca lenensis</i> Drob.							1
<i>Poa stepposa</i> (Kryl.) Roscev.							+
Средний пояс							
Проективное покрытие, %	50	70	60	60	90–100	90–100	90
Средняя высота, см	10	80	50	50	100	80	70
Надземная фитомасса, г/м <sup>2</sup>	22,0	170,0	149,0	97,0	705,0	530,0	254,0
<i>Elytrigia repens</i>	4	5	5	4	5	5	5
<i>Puccinellia tenuiflora</i>	2	1	+				
<i>Poa pratensis</i>		+		+	1	+	
<i>Carex duriuscula</i>	+	+		+	+		
<i>Taraxacum ceratophorum</i>	+			+			
<i>Saussurea amara</i>	+						
<i>Descurainia sophia</i>	+						
<i>Glaux maritima</i> L.	+						
<i>Thlaspi arvense</i> L.	+						
<i>Suaeda corniculata</i> (C.A. Mey.) Bge		1					
<i>Lepidium densiflorum</i> Schrad.				+	+		
<i>Androsace septentrionalis</i> L.				+			
<i>Potentilla anserina</i> L.				+			

Таблица 2

**Динамика синтетических характеристик и видового состава сообщества  
III стадии дигрессии при пастбищной демуляции**

Показатель	До изоляции	Годы сукцессии					
		1	2	3	4	5	6
Верхний пояс							
Проективное покрытие, %	70	70	70	80	70	80	70
Средняя высота, см	5–10	50	80	70	80	60	50
Надземная фитомасса, г/м <sup>2</sup>	28,0	167,0	134,0	166,0	231,0	311,0	209,0
<i>Hordeum brevisubulatum</i>	+	3	5	5	5	3	5
<i>Elytrigia repens</i>	1	1			1		+
<i>Carex duriuscula</i>	4	3	2	2	1	1	
<i>Artemisia jacutica</i> Drob.	2	2	2		+		
<i>Crepis tectorum</i> L.	+	1	+	1	+	1	1
<i>Plantago media</i> L.	+	+		+	+	+	+
<i>Taraxacum ceratophorum</i>	1			+		+	+
<i>Potentilla conferta</i> Bge.	+	1		+		+	+
<i>Knorringia sibirica</i> (Laxm.) Tzvel.)	+	1		1	2	2	1
<i>Poa pratensis</i>		1	+	2	2	2	2

Показатель	До изоляции	Годы сукцессии					
		1	2	3	4	5	6
<i>Descurainia sophia</i>	+						
<i>Saussurea amara</i>	+						
<i>Polygonum aviculare</i> L.	+	+					
<i>Lepidium densiflorum</i>	1	+					
<i>Suaeda corniculata</i>		+					
<i>Atriplex patula</i> L.		+					
<i>Potentilla stipularis</i> L.				1			
<i>Thalictrum simplex</i> L.				+	+	+	+
<i>Vicia cracca</i> L.					+		
<i>Erigeron acer</i> L.					+	+	
<i>Puccinellia tenuiflora</i>							+
Средний пояс							
Проективное покрытие, %	80	80	70	90	90	70	60
Средняя высота, см	3-5	60	70	60	60	50	40
Надземная фитомасса, г/м <sup>2</sup>	202,0	234,0	293,0	213,0	376,0	309,0	294,0
<i>Puccinellia tenuiflora</i>	1	3	5	3	3	2	3
<i>Suaeda corniculata</i>	4	2		2	1		
<i>Knorringia sibirica</i>	1	3	2	4	5	5	4
<i>Glaux maritima</i>	1						
<i>Potentilla anserina</i>	2						
<i>Chenopodium album</i> L.	+		2				
<i>Polygonum aviculare</i>	4						
<i>Taraxacum ceratophorum</i>	1						
<i>Atriplex patula</i>	1						
<i>Corispermum sibiricum</i> Iljin	1						

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гаврильева Л.Д. Анализ отношения видов растительности аласов Центральной Якутии к пастбищной нагрузке // Проблемы региональной экологии. 2009. № 2. С. 20–23.
- Гаврильева Л.Д., Миронова С.И. Пастбищная дигрессия растительности аласов Лено-Амгинского междуречья // Наука и образование. Якутск. 1998. С. 65–69.
- Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. М. : Наука, 1985. 136 с.
- Полевая геоботаника. Т. 3 / под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. М.; Л. : Наука, 1964. 530 с.

## Закономерности сопряженности развития *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae) с первичными и вторичными растениями-хозяевами

Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург – Пушкин, Россия;  
helenagandrabur@gmail.com

**Аннотация.** На примере черемухово-злаковой тли проведен анализ сопряженности развития в системе «растение – фитофаг» у гетероциклических видов тлей в условиях сезонной смены древесного хозяина на травянистые. Показано сходство в фенологии колонизации тлями первичных и вторичных хозяев. Отмечаются особенности этапов органогенеза растений и формирования численности тлей в связи с их вредоносностью. Моделирование сдвигов в синхронизации работы этой трофической системы способствует ее дестабилизации.

**Ключевые слова:** черемуха, пшеница, тли, развитие, этапы органогенеза, сопряженность.

## Patterns of coordination of the development of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae) and its primary and secondary host plants

E.S. Gandrabur, A.B. Vereschagina

All-Russian Research Institute of Plant Protection, Russian Federation, St. Petersburg – Pushkin, helenagandrabur@gmail.com

**Abstract.** For example of the bird cherry-oat aphid, the analysis of the timing of development in the “plant-phytophage” system in heterocyclic aphids with alternation of the primary (winter, arboreal) host plant to the secondary (summer, herbaceous) ones was done. The similarity in the phenology of colonization by aphids of primary and secondary hosts was shown. The features of the stages of plant organogenesis and the formation of the number of aphids in connection with their harmfulness are noted. Modeling shifts in the synchronization of the work of this trophic system contributes to its destabilization.

**Key words:** Bird-cherry, wheat, aphids, development, stages of organogenesis, phenology.

Виды рода *Padus* Mill. (сем. Rosaceae Juss.) широко используются в садово-парковом строительстве и плодоводстве, а также представлены в ботанических садах на различных континентах. В настоящее время известно около 20 видов черемухи (Безменова и др., 2010). Среди них черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill), виргинская (*P. virginiana* L.) и пенсильванская (*P. pensylvanica* L.) известны как первичные (зимние) хозяева черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) – гетероциклического (двудомного) вида. Значимость вредителя возрастает, поскольку *P. avium* и *P. virginiana* наиболее пригодны для проведения селекционных работ (Симагин, Локтева, 2015). В качестве вторичных кормовых растений для *Rh. padi* указываются растения 110 видов из 7 семейств, среди которых к наиболее типичным относятся виды сем. Мятликовых (Poaceae Barnhart), в меньшей степени – сем. Осоковых (Cyperaceae Juss.), Ситниковых (Juncaceae Juss.), Ирисовых (Iridaceae Juss.), и Рогозовых (Typhaceae Juss.) (Finlay, Luck, 2011). Тли в массе размножаются на растениях всех указанных семейств, но особенно известны в качестве вредителей злаковых культур.

Особенности и степень вреда, наносимые вредителями, находятся в тесной связи с их вмешательством в развитие растений, находящихся на тех или иных этапах органогенеза. В этом случае синхронизация развития тлей и их хозяев имеет большое значение и в настоящее время изучена еще недостаточно.

Целью работы было выявление закономерностей в сопряженности развития *Rh. padi* с этапами органогенеза первичных и вторичных растений-хозяев.

Согласно Ф.М. Куперман (1977) жизненный цикл всех покрытосеменных растений, в том числе Розоцветных и Мятликовых состоит из 12 последовательных этапов органогенеза, составляющих фазы развития и отличающихся комплексом функциональных и морфологических изменений в тканях растений в зависимости от биологических особенностей вида или внутривидовой формы растений, а также погодных условий. Следовательно, повреждение растений фитофагами на различных этапах органогенеза также будет иметь свои особенности влияния на развитие растений, их внешний вид и урожайность.

Если весной гетероциклические виды тлей выходят из зимовавших яиц на первичном (зимнем) хозяине с началом его вегетации, и в дальнейшем не распространяются между деревьями, то после эмиграции

по мере роста численности могут расселяться между травянистыми растениями, заселяя их на различных этапах органогенеза.

Выход личинок *Rh. padi* из яиц начинается, когда у черемухи проходит вегетативная фаза развития побега, появляются зеленые конусы листьев (I–II этапы органогенеза). Это иногда конец марта, а как правило – первая декада апреля. Если личинки тли появляются раньше наступления этой фазы хозяина, то погибают из-за недостатка питания и укрытия от непогоды. Репродукция основательниц начинается через 17–20 дней после выхода личинок из яиц. Первые эмигранты тли появляются на яровой пшенице в начале кущения (II этап органогенеза) и сразу начинают репродукцию. Это конец мая.

На III этапе органогенеза на черемухе начинают распускаться почки, формируются оси соцветий, наблюдается массовый выход основательниц из яиц, но колоний еще нет (середина апреля). На пшенице на III этапе заканчивается кущение и начинается выход в трубку. Происходит сегментация конуса нарастания (закладка будущих колосков), усиленный рост нижних междоузлий. Заканчивается лёт *Rh. padi* с первичного хозяина. Иногда на зерновых уже появляется *Metopolophium dirhodum* Walk. (розово-злаковая тля), мигрирующая с шиповников. Численность и вредоносность тлей в данный период (вторая декада июня), как правило, еще незначительны. При холодных и дождливых погодных условиях (2017 г.) происходит задержка в развитии растений и насекомых. Если численность тлей на черемухе в период эмиграции была высокой и погодные условия благоприятны, вредитель может быстро достигнуть экономического порога вредоносности (ЭПВ) на пшенице, вызывая у нее задержку роста и закладку плодоеlementов.

На черемухе IV этап органогенеза сопровождается образованием зачатков будущих цветков на оси соцветия, ростом листьев, массовым распусканьем почек (конец апреля). В этот период все личинки тли уже вышли из яиц. На пшенице (первая половина июня) этап характеризуется закладкой и формированием колосковых бугорков, выходом в трубку; в местах наиболее интенсивного роста растения и притока ассимилятов образуются небольшие колонии (5–15 особей) *Rh. padi*. Неустойчивые образцы пшеницы могут страдать из-за недостатка питания.

На V-ом этапе органогенеза у растений формируются органы цветка. На черемухе все почки распускаются к концу апреля – началу мая. Основательницы находятся еще на личиночных стадиях. На пшенице усиленно растут листья, заканчивается фаза выхода в трубку. *Rh. padi* продолжает питаться в зонах роста междоузлий и листовых пластинок, нарушая процессы закладки органов цветка, что в дальнейшем оказывает влияние на оплодотворение и формирование зерновок. *M. dirhodum* питается на верхних листьях, образуя небольшие малоподвижные колонии. В благоприятные годы на посевах появляется *Sitobion avenae* F. (большая злаковая тля), которая заселяет листовые пластинки.

Далее происходит формирование спорогенной ткани пыльцевых зерен и пестика (VI этап органогенеза). На черемухе начинается бутонизация. У тлей появляются первые самки-основательницы. На пшенице отмечается усиленный рост колосковых и цветковых чешуй, тычиночных нитей. Усиливается рост средних междоузлий стебля, листовых пластинок и влагалищ листьев. Начинается фаза стеблевания. Колонии тлей увеличиваются на растущих участках стебля, влагалищах листьев и листовых пластинках. Перехватывая ассимиляты тли подавляют рост и развитие хозяина. На данном этапе растения чувствительны к засухе и повреждению тлями.

На следующем этапе происходят образование мужского и женского гаметофитов, усиленный рост органов цветка и соцветия в целом. На черемухе наблюдается бутонизация, появление белых бутонов, рост листьев. Основательницы начинают репродукцию (первая половина мая), но повреждения растений пока не заметны. На пшенице происходит усиленный рост всех органов колоса. Заканчивается стеблевание. Численность тлей при благоприятных условиях быстро нарастает. В результате генерализованного воздействия колоний тлей на растения, колос может не выйти из влагалища или выйти деформированным, со сниженным количеством колосков и цветков. В этот период также нарастает численность *M. dirhodum*, которая питается на верхних листьях и может достигнуть значений ЭПВ. В нашей зоне, как правило, появляются крылатые самки *S. avenae*.

На VIII–IX этапах органогенеза (конец мая – начало июня) на черемухе наблюдается полное облиствение, рост листьев заканчивается, завершается гаметогенез, происходит цветение и оплодотворение (вторая половина мая – начало июня). В результате питания тлей появляются первые свернутые листья. Самки основательницы быстро размножаются, нарушая процесс плодобразования. Листья желтеют и усыхают, в условиях массового размножения тлей могут усыхать однолетние побеги, плоды не образуются. В колониях можно увидеть первых эмигрантов и личинок с зачатками крыльев. При продолжительном цветении черемухи лёт эмигрантов может быть более длительным. На VIII этапе

у пшеницы завершается формирование колоса и цветков, из влагалища верхнего листа появляется колос, усиленно растут листья и стебли. Недостаток влаги в почве, сухая и жаркая погода в этот период приводят к нарушению формирования генеративных органов, растения очень чувствительны к повреждениям тлями. Численность *Rh. padi* приближается к максимальной. Она в массе заселяет листовые пластинки, влагалища листьев, проникает за влагалища листьев, стебель, в узел кущения, иногда образует смешанные колонии с другими видами злаковых тлей на колосе, флаговом и предфлаговом листьях. Нарастает численность *M. dirhodum* на двух верхних листьях, ответственных за питание колоса, *S. avenae* перемещается на колос. В результате повреждения тлями (поглощения ассимилятов и воды) происходят нарушения в формировании генеративных органов и появление в колосе большого числа недоразвитых и стерильных цветков. Через 2–3 дня после колошения начинается IX этап органогенеза – цветение, оплодотворение, образование зиготы, который длится приблизительно 3–7 дней. В этот период численность тлей максимальна. Тли нарушают процессы оплодотворения, из-за чего снижается количество и качество зерновок.

X–XII этапы характеризуются ростом и созреванием плодов и семян. На X этапе органогенеза черемухи заканчивается лёт эмигрантов *Rh. padi* на яровые культуры. На пшенице угасают процессы роста. Численность тлей начинает быстро снижаться. К XII этапу их уже нет. До ремиграции на черемуху тли мигрируют на многолетние злаковые травы, а позднее – на озимые культуры. У других видов растений сходная схема взаимоотношений с тлями. На корневищных многолетниках *Rh. padi* может питаться в узле кущения в течение всего сезона.

Таким образом, на первичном хозяине *Rh. padi* весной обитает около 70 дней, на яровой пшенице – примерно столько же. Нарастание численности тлей на черемухе и на пшенице происходит при прохождении ими VI–VIII этапов органогенеза с пиком на VIII–IX этапах. Осенняя ремиграция тлей на черемуху начинается в третьей декаде августа и продолжается до конца листопада (третья декада октября – начало ноября), также несколько более 2 месяцев.

Научно-обоснованное вмешательство во взаимоотношения вредителей и хозяев, путем изменений сроков прохождения наиболее уязвимых этапов развития растений, а также этапов, снижающих численность вредителя (например, сроки распускания почек у черемухи, длительность цветения, сроки листопада) может быть использовано как экологически безопасное средство защиты растений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Безменова М.Д., Сорокопудов В.Н., Резанова Т.А. Некоторые аспекты адаптации видов черемухи (*Padus* Mill) в условиях Белогорья // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. 2010. № 15, вып. 12. С. 66–71.
- Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. М. : Высшая школа, 1977. 287 с.
- Симагин В.С., Локтева А.В. Селекция черемухи как декоративной культуры для севера и востока России // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2015. № 36 (06). С. 1–14.
- Finlay K.J., Luck J.E. Response of the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) to climate change in relation to its pest status, vectoring potential and function in crop-vector-virus pathosystem // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2011. Vol. 144. P. 405–421.

# Пространственно-временная динамика верхней границы леса в горах Южной Сибири

А.С. Голуков<sup>1,2</sup>, А.С. Шушпанов<sup>1,3</sup>, И.А. Петров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия; [institute\\_forest@ksc.krasn.ru](mailto:institute_forest@ksc.krasn.ru)

<sup>2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; [office@sfu-kras.ru](mailto:office@sfu-kras.ru)

<sup>3</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия; [info@sibsau.ru](mailto:info@sibsau.ru)

**Аннотация.** В последнее десятилетие на всей территории бореальных лесов отмечается продвижение верхней границы леса, связанное с климатическими изменениями. В данной работе исследована динамика верхней границы и площади сомкнутых древостоев в высокогорьях Южной Сибири. На всех объектах исследования наблюдается продвижение верхней границы леса со средней скоростью продвижения  $\sim 0,6\text{--}0,9$  м/год. Выявлена значимая связь продвижения верхней границы леса с температурой воздуха.

**Ключевые слова:** изменение климата, горные леса, съемка Landsat.

## Spatial-temporal dynamics of tree line in the Southern Siberia Mountains

A.S. Golyukov<sup>1,2</sup>, A.S. Shushpanov<sup>1,3</sup>, I.A. Petrov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia; [institute\\_forest@ksc.krasn.ru](mailto:institute_forest@ksc.krasn.ru)

<sup>2</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; [office@sfu-kras.ru](mailto:office@sfu-kras.ru)

<sup>3</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia; [info@sibsau.ru](mailto:info@sibsau.ru)

**Abstract.** In recent decades, the tree line has been moving along the entire territory of the boreal forests due to climatic changes. In this work, the dynamics of the tree line and the area of closed stands in the Southern Siberian Mountains are analyzed. At all objects of the study, the advancement of the tree line is observed with an average advance rate of  $\sim 0.6\text{--}0.9$  m per year. A significant relationship was found between the advancement of the tree line and the air temperature.

**Key words:** Climate change, mountain forest, Landsat satellite image.

С середины XX в. по всему миру наблюдаются климатические изменения, оказывающие существенное влияние на лесные фитоценозы. Наиболее чувствительными к изменениям климата являются деревья, растущие в экотонах (в частности, в экотоне горной лесотундры). Продвижение верхней границы леса в зону горной лесотундры, вызванное увеличением температуры воздуха, отмечается в горах Северной Америки (Klasner and Fagre, 2002; Munroe, 2003), Евразии (Моисеев, 2004; Baker and Moseley, 2007; Kullman, 2007), в горах Северного Урала (Дэви и др., 2018).

Целью работы явилось исследование динамики верхней границы и площади сомкнутых древостоев в высокогорьях Кузнецкого Алатау (КА), Западного и Восточного Саяна (ЗС и ВС, соответственно) (Булочные гольцы:  $54^{\circ}05'$  ш.,  $89^{\circ}30'$  в. д.; Саянский перевал:  $51^{\circ}42'$  ш.,  $89^{\circ}55'$  в. д.; Идарское Белогорье:  $54^{\circ}22'$  ш.,  $95^{\circ}30'$  в. д.). Площади объектов исследования:  $\sim 65\ 000$  га,  $\sim 90\ 000$  га,  $\sim 1,5$  млн га. соответственно (рис. 1).

Задачи:

1. Оценка пространственно-временной динамики сомкнутых древостоев в экотоне горной лесотундры.

2. Анализ динамики эколого-климатических переменных.

### Материалы и методы

В работе использовались материалы дистанционного зондирования Земли, представленные снимками Landsat (60 и 30 м), съемкой сверхвысокого пространственного разрешения (WorldView, GeoEye; 0,41–0,46 м.) и цифровой моделью рельефа (ЦМР) SRTMGL1 (разрешение 30 м).

Для анализа были подобраны следующие снимки (за летний период, с облачностью  $<10\%$ ): 1976 (Landsat 2), 2015 гг. (Landsat 8) для Кузнецкого Алатау; 1977 (Landsat-2), 2014 гг. (Landsat 8) для Западного Саяна; 1989 (Landsat 5), 2018 гг. (Landsat 8) для Восточного Саяна. Все снимки подвергались предварительной обработке и топографической нормализации методом С-коррекции (Riano et al., 2003).

Классификация снимков проводилась методом наибольшего правдоподобия с использованием пороговой функции (threshold). Обучающие выборки создавались по данным топографических карт,

наземных исследований, съемки сверхвысокого пространственного разрешения из открытых источников методом наращивания областей. Для всех полученных снимков была сформирована маска сомкнутых насаждений (сомкнутость > 0,3). Общая точность классификации составила от 65–85 %; величина  $kappa = 0,6–0,8$ .

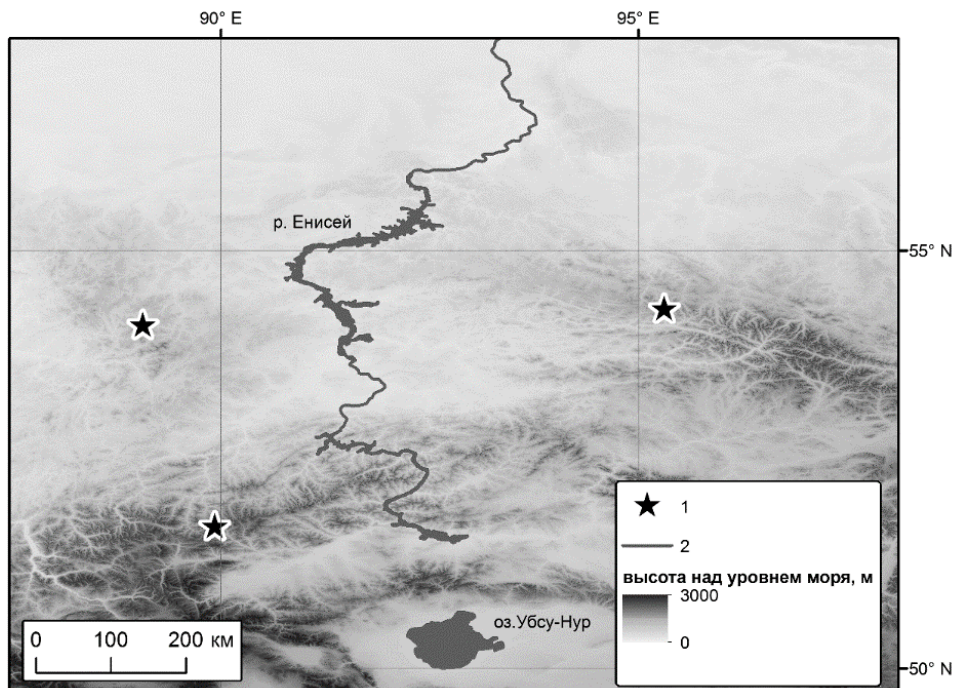


Рис. 1. Пространственное положение объектов исследования (1). Водные объекты (2)

Далее проводился анализ пространственного распределения сомкнутых древостоев по элементам рельефа с использованием полученных масок и ЦМР. Для оценки продвижения верхней границы сомкнутых древостоев по высоте над уровнем моря рассчитывались изменения значений медиан высот.

Для анализа связи с климатическими переменными использовались среднемесячные данные о температуре и сумме осадков CRU TS 4.03 (пространственное разрешение  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ ).

Статистический анализ полученных данных проводился в программных пакетах – Microsoft Excel и StatSoft Statistica.

## Результаты

Для сомкнутых древостоев ВС продвижение по высоте составило  $17 \pm 0,5$  м ( $\sim 0,6$  м/год) соответственно. Возрастание площади темнохвойных наблюдалось преимущественно на склонах южной экспозиции. Площадь сомкнутых древостоев в 1989 и 2018 г. составила 448,3 тыс. га и 505 тыс. га соответственно. Общее увеличение площади сомкнутых древостоев составило 57 тыс. га ( $+12,7\%$ ).

В зоне альпийской лесотундры ЗС в период с 1977 по 2014 г. наблюдалось увеличение площади сомкнутых древостоев в 1,3 раза (с 29,5 тыс. га до 38,5 тыс. га,  $\sim 1\%$ /год). Наряду с возрастанием сомкнутости древостоев наблюдалось их продвижение по градиенту высоты (в среднем за весь период на  $\sim 0,9$  м/год). Величина продвижения была неоднородна по элементам рельефа и составила 0,7 м/год для склонов южной экспозиции и  $\sim 1,1$  м/год для склонов северной.

На территории КА площадь сомкнутых древостоев с 1976 по 2015 гг. увеличилась с 26,4 тыс. га до 28,7 тыс. га общее увеличение площади сомкнутых древостоев на исследуемой территории составило  $\sim 8,3\%$  (2,3 тыс. га). Изменение медианных значений составило  $19 \pm 0,3$  м по высоте за период с 1976 по 2015 г., скорость продвижения по градиенту высоты  $\sim 0,5$  м/год.

На всех объектах исследования выявлено значимое увеличение среднегодовой температуры воздуха на  $\sim 2^\circ\text{C}$  для периода 1950–2018 гг. ( $r^2 = 0,3–0,43$ , при  $p < 0,05$ ). Значимых трендов суммы осадков не выявлено.

Продвижение древостоев по градиенту высоты, выявленное с помощью методов ДЗЗ, подтверждаются результатами анализа данных полевых исследований. На объекте исследования Восточный Саян наблюдается прямая зависимость между увеличением количества деревьев в экотоне горной лесотундры и температурой воздуха ( $r = 0,44$ , при  $p < 0,05$ ; рис. 2).



Рис. 2. Сравнение динамики хода температур мая–августа и появления деревьев *Pinussibirica* Du Tour (N = 244) в экотоне горной лесотундры Восточного Саяна (Идарское Белогорье)

### Выводы

Зафиксировано увеличение среднегодовой температуры воздуха на  $\sim 2$  °C для периода 1950–2018 гг. ( $r^2=0.39-0.43$ , при  $p<0.05$ ).

Потепление климата в последние  $\sim 70$  лет способствует возрастанию сомкнутости и продвижению границ древостоев по градиенту высоты на всех объектах исследования. Средние скорости продвижения на объектах исследования: Кузнецкий Алатау  $\sim 0,5$  м/год с 1976 по 2015 г., Восточный Саян  $\sim 0,6$  м/год с 1989 по 2018 г. и Западный Саян  $\sim 0,9$  м/год с 1977 по 2014 г.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 18-45-240003 «Пространственно-временная динамика, раннее обнаружение и картографирование усыхающих темнохвойных древостоев Средней Сибири на основе материалов дистанционного зондирования» и проект № 18-05-00432 «Воздействие изменений климата на леса Сибири: анализ горимости лесных территорий, величины прироста хвойных пород, жизненного состояния и продуктивности древостоев».*

### ЛИТЕРАТУРА

- Дэви Н.М., Кукарских В.В., Галимова А.А., Бубнов М.О., Зыков С.В. Современная динамика высокогорных лесов на Северном Урале: основные тенденции // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2018. Т. 11, № 3. P. 248–259.
- Моисеев П.А., Ван дер Меер М., Риглинг А., Шевченко И.Г. Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала // Экология. 2004. № 3. С. 1–9.
- Baker B.B., Moseley R.K. Advancing treeline and retreating glaciers: implications for conservation in Yunnan, P. R. China // Arctic, Antarctic and Alpine Research. 2007. Vol. 39, No 2. P. 200–209.
- Klasner F.L., Fagre D.B. A half century of change in alpine treeline patterns at Glacier National Park, Montana, U.S.A. // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2002. Vol. 34. P. 49–56.
- Kullman L. Treeline population monitoring of *Pinus sylvestris* in the Swedish Scandes, 1973–2005: implications for treeline theory and climate change ecology // Journal of Ecology. 2007. Vol. 95. P. 41–52.
- Munroe J.S. Estimates of Little Ice Age climate inferred through historical rephotography, Northern Uinta Mountains, USA // Arctic, Antarctic and Alpine research. 2003. Vol. 35, No 4. P. 489–498.
- Riano D., Chuvieco E., Salas J., Aguado I. Assessment of different topographic corrections in Landsat-TM data for mapping vegetation types // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2003. Vol. 41, No 5. P. 1056–1061. URL: <http://www.cstars.ucdavis.edu/~driano/Riano2003b.pdf>



## Сравнительная характеристика анатомического строения листьев *Allium bidentatum* и *A. polyrrhizum*

О.И. Жапова<sup>1</sup>, Т.П. Анцупова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МАОУ СОШ № 38, Улан-Удэ, Россия; minor\_68@mail.ru

<sup>2</sup> Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия; antsupova-bot@mail.ru

**Аннотация.** В статье дана сравнительная характеристика анатомического строения листьев и стебля *Allium bidentatum* Fisch. ex Prokh. и *Allium polyrrhizum* Turcz. ex Regel. В качестве диагностических признаков анатомического строения при определении вида можно использовать особенности расположения и строения проводящих пучков.

**Ключевые слова:** анатомическое строение листа, анатомическое строение стебля, проводящие пучки, флоэма, склеренхима.

## Comparative characteristics of the anatomical structure of leaves of *Allium bidentatum* and *A. polyrrhizum*

O.I. Zhapova<sup>1</sup>, T.P. Antsupova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Comprehensive school № 38, Ulan-Ude, Russia; minor\_68@mail.ru

<sup>2</sup> East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia; antsupova-bot@mail.ru

**Abstract.** The article provides a comparative characteristic of the anatomical structure of leaves and stems of *Allium bidentatum*, Fisch. ex Prokh. and *Allium polyrrhizum* Turcz. ex Regel. As diagnostic signs of the anatomical structure in determining the species, you can use the features of the location and structure of the conductive bundles.

**Key words:** anatomical structure of the leaf, anatomical structure of the stem, vascular bundles, phloem, sclerenchyma.

Род *Allium* насчитывает более 800 видов, широко распространенных в Евразии и Америке. По данным молекулярно-генетического анализа, род является монофилетическим, молекулярная эволюция которого не сопровождалась резко выраженной морфологической дивергенцией. Поэтому для характеристики видов и подродов *Allium*, помимо морфологических признаков, используют данные по анатомическому строению вегетативных и генеративных органов. Одним из важных диагностических признаков для определения видов являются листорасположение, морфология и анатомия листьев, морфологическое и анатомическое строение стебля (Фризен, 1988). В таксономической литературе по роду *Allium* обсуждается не менее 20 признаков листовой пластинки (Серегин, 2006). В основном для представителей рода *Allium* характерны три формы листовой пластинки: плоские без полости, цилиндрические с полостью, промежуточные между плоскими и дудчатыми (вальковатые, полуцилиндрические, желобчатые, с плохо выраженной центральной полостью).

В статье представлено описание морфологического и анатомического строения листьев и стеблей двух морфологически близких видов рода *Allium*, произрастающих в степных сообществах Восточного Забайкалья. Объектами исследования являются *Allium bidentatum* Fisch. ex Prokh. (рис. 1, А) и *A. polyrrhizum* Turcz. ex Regel (рис. 1, В), сбор растений проводили в степи разнотравной и степи луково-разнотравной. Поперечные срезы стебля и листа делали вручную при помощи технических лезвий. Микрокопирование срезов осуществляли при увеличении в 80 раз.

Морфологическое описание *A. bidentatum*. Высота цветоноса до 25 см; листья многочисленные, нитевидные, короче стебля; луковицы скученны по несколько в плотную дерновину, диаметр луковиц до 5 мм, с темными расщепленными оболочками; зонтик полушаровидный, малоцветковый, листочки околоцветника темно-розовые, продолговато эллиптические. Гинецей ниже листочков околоцветника. Нити внутренних тычинок на 2/3–3/4 высоты расширены, двузубчатые.

Поперечный срез листа полуцилиндрический (рис. 2, А). Эпидермис покрыт хорошо развитым слоем кутикулы. Палисадная хлоренхима образована одним слоем слабо вытянутых клеток, губчатая хлоренхима состоит из 2–3 слоев клеток. Центральная часть листа состоит из неспециализированной паренхимы, в которой находится 9 проводящих пучков. Проводящие пучки отличаются по размеру, пучки закрытого коллатерального типа, хорошо развита флоэмная склеренхима.

Поперечный срез стебля *A. bidentatum* имеет почти правильную округлую форму (рис. 2, В). Под эпидермисом 2–3 слоя клеток хлоренхимы, далее хорошо развитый слой клеток склеренхимы. В склеренхиме находятся мелкие проводящие пучки закрытого коллатерального типа. Ближе к центру осевого цилиндра расположены 4 крупных проводящих пучка с хорошо развитой флоэмной склеренхимой. Следует отметить, что проводящие пучки стебля и листа одного вида имеют сходное строение.

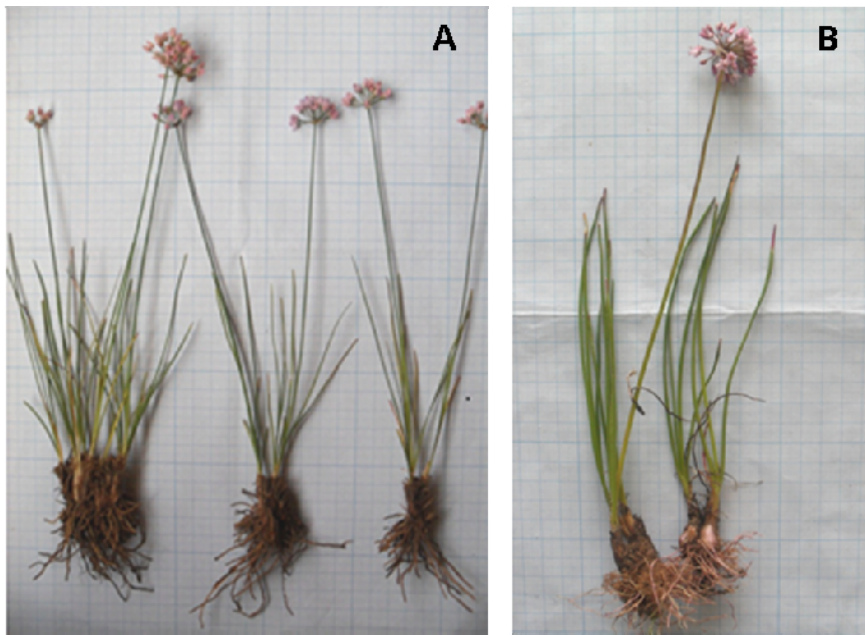


Рис. 1. Общий вид *Allium bidentatum* Fisch. ex Prokh. (A) и *A. polyrrhizum* Turcz. ex Regel (B)

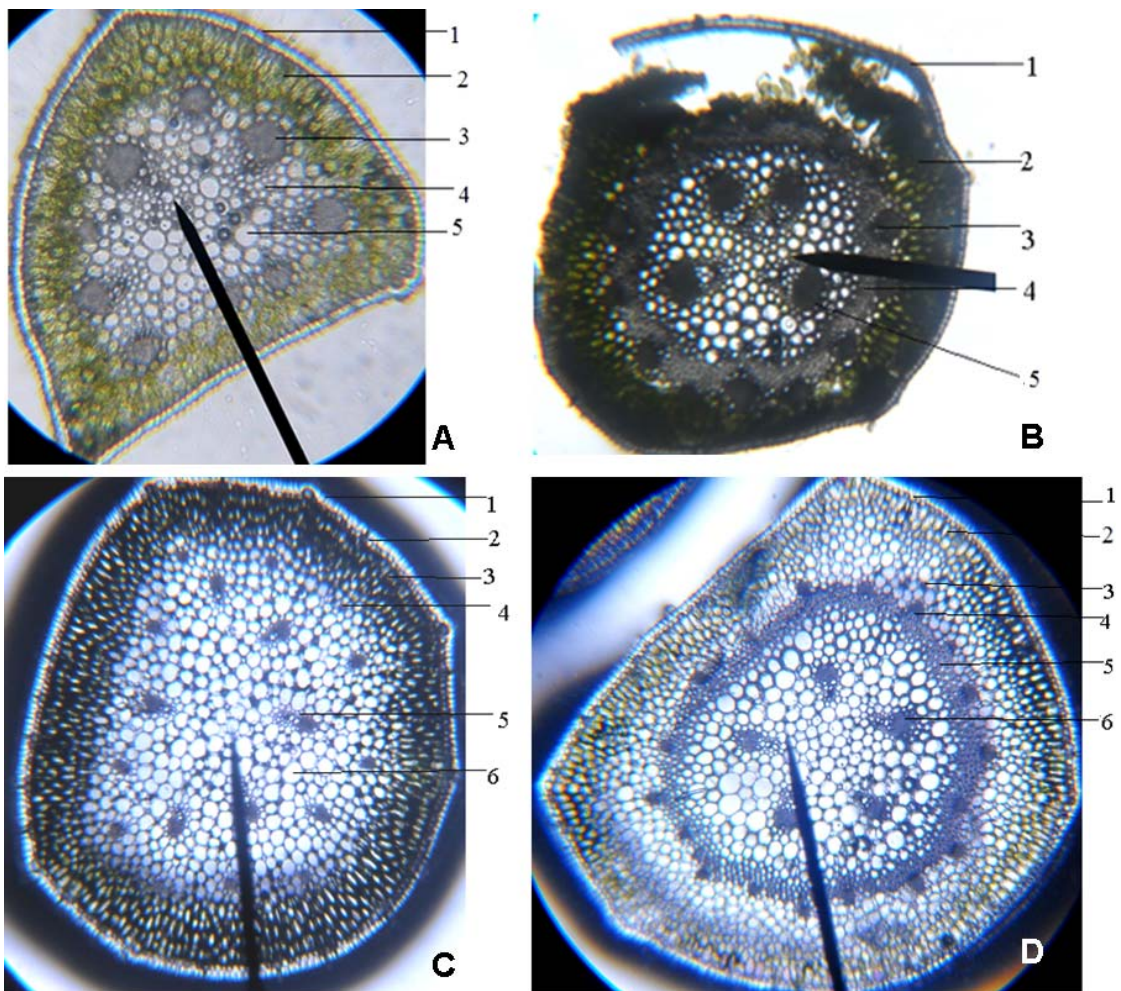


Рис. 2. Анатомическое строение *Allium bidentatum* и *A. polyrrhizum*:

- A – поперечный срез листа *A. bidentatum* (1 – эпидермис с кутикулой; 2 – хлоренхима; 3 – проводящий пучок; 4 – клетки обкладки; 5 – паренхима); B – поперечный срез стебля *A. bidentatum* (1 – эпидермис; 2 – хлоренхима; 3 – проводящий пучок; 4 – склеренхима; 5 – проводящий пучок); C – поперечный срез листа *A. polyrrhizum* (1 – кутикула; 2 – эпидермис; 3 – хлоренхима; 4 – мелкий проводящий пучок; 5 – крупный проводящий пучок; 6 – паренхима); D – поперечный срез стебля *A. polyrrhizum* (1 – эпидермис; 2 – хлоренхима; 3 – неспециализированные клетки первичной коры; 4 – мелкий проводящий пучок; 5 – склеренхима; 6 – крупный проводящий пучок)

Морфологическое описание *A. polyrrhizum*. Длина цветоноса *A. polyrrhizum* достигает 28 см, листья многочисленные, диаметр листа более 1 мм, длина листа достигает 2/3 длины цветоноса, форма поперечного сечения полуцилиндрическая. Луковицы цилиндрические диаметром до 5 мм, собраны на горизонтальном укороченном корневище. Луковицы покрыты темными, расщепленными на сетчатые волокна оболочками. Корни многочисленные, шнуровидные. Зонтик полушаровидный, многоцветковый, листочки эллиптические, темно-розовые. Андроей по длине равен длине листочков околоцветника, гинецей несколько выше листочков околоцветника.

Лист в поперечном сечении почти округлой формы со слабо выраженной ребристостью (рис. 2, С). На поверхности эпидермиса заметен слой кутикулы. Палисадная хлоренхима состоит из одного слоя слабо вытянутых клеток, губчатая хлоренхима образована 2–3 слоями клеток. Проводящие пучки расположены в два круга, наружный круг занимают мелкие проводящие пучки, ближе к центральной части листа – более крупные. Однако дифференциация проводящих пучков менее выражена, чем у *A. bidentatum*, общее количество проводящих пучков у *A. polyrrhizum* может достигать 17. Проводящие пучки закрытого коллатерального типа, имеется флоэмная склеренхима, но она менее развита, чем у *A. bidentatum*.

Стебель в поперечном сечении полуцилиндрический, на поверхности эпидермиса заметна кутикула (рис. 2, D). Первичная кора образована хлоренхимой. Палисадная хлоренхима состоит из одного слоя слабо вытянутых плотно прилегающих друг к другу клеток, губчатая образует 2–3 слоя. Далее следуют клетки неспециализированной паренхимы. Склеренхима образует кольцо, хорошо развита. В склеренхиме находятся мелкие пучки. Ближе к центру осевого цилиндра расположены более крупные проводящие пучки закрытого коллатерального типа, количество которых равно 5. Имеется флоэмная склеренхима, строение проводящих пучков стебля сходно со строением проводящих пучков листа.

Таким образом, анатомическое строение стебля и листа изученных видов имеют отличия, которые можно использовать в качестве диагностических при видовом определении растений. К таким признакам можно отнести количество и расположение проводящих пучков в стебле, количество и расположение проводящих пучков в листьях. Проводящие пучки стебля и листа имеют сходное строение внутри вида.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Серегин А.П. Флористические материалы и ключ по лукам (*Allium* L., *Alliaceae*) Европейской России // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2005. Т. 110, вып. 1. С. 45–51.
- Фризен Н.В. Луковые Сибири: систематика, кариология, хорология. Новосибирск : Наука, 1988. 184 с.
- Черемушкина В.А. Биология луков Евразии. Новосибирск : Наука, 2004. 279 с.

## Структура мезофилла хвои у видов семейства Pinaceae с плоскими листьями

Г.К. Зверева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия; labsp@ngs.ru

<sup>2</sup> Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Краснообск, Россия

**Аннотация.** Рассмотрена пространственная организация мезофилла и трёхмерные формы ассимиляционных клеток на примере 7 видов семейства Pinaceae с плоскими листьями: *Abies cephalonica*, *A. concolor*, *A. sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea omorica*, *Pseudotsuga menziesii* и *Tsuga canadensis*. Показано, что в уплощённой хвое выделяются три вида клеток мезофилла: палисадные, губчатые и срединные. Срединные клетки заметны как при хорошо выраженной, так и слабой дифференциации ассимиляционной ткани, они могут иметь простые или сложные ячеистые формы.

**Ключевые слова:** Pinaceae, хвоя, складчатый мезофилл, ассимиляционные клетки простой формы, ячеистые клетки.

## The structure of the needles mesophyll in species of the Pinaceae family with flat leaves

G.K. Zvereva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia; labsp@ngs.ru

<sup>2</sup> Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

**Abstract.** The spatial organization of mesophyll and three-dimensional forms of assimilative cells are considered on the example of 7 species of the Pinaceae family with flattened leaves: *Abies cephalonica*, *A. concolor*, *A. sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea omorica*, *Pseudotsuga menziesii* and *Tsuga canadensis*. It was shown that three types of mesophyll cells are distinguished in the flattened needles: palisade, spongy and median. Median cells are appreciable both with well-defined and weak differentiation of assimilative tissue; they can have simple and complex cellular forms.

**Key words:** Pinaceae, needles, folded mesophyll, assimilative cells of a simple form, cellular cells.

В игловидных листьях растений сем. Pinaceae Lindl. клетки мезофилла заполняют полость между эпидермой и эндодермой. На поперечных сечениях трёх- и четырёхгранной хвои хлоренхима располагается слоями вокруг эндодермы, в углах хвоинок она может быть более многослойной. Подобный мезофилл описывают в основном как недифференцированный и состоящий из однотипных клеток, он характерен для большинства видов *Picea* A. Dietr., *Pinus* L. и *Cedrus* Trew. (Marco, 1939; Тонкоштан, 1963; Нестерович и др., 1986 и др.). В плоских и плосковатых листьях хвойных отмечают развитие палисадной и губчатой тканей (Иванов, 1931; Owens, 1968; Нестерович и др., 1986; Еремин, Зеркаль, 2002, Pădure et al., 2008 и др.). При этом между столбчатой и губчатой паренхимами у видов *Abies* Mill., *Keteleeria* Carr., *Larix* Mill., *Pseudotsuga* Carr., *Pseudolarix* Cord. и *Tsuga* Carr. часто выделяют промежуточный слой мезофилла, отличающийся наличием крупных клеток, вытянутых к углу хвоинки по обе стороны от проводящей системы (Зеркаль, 2000; Еремин, Зеркаль, 2002; Зеркаль и др., 2009; Еремин, Чавчавадзе, 2015).

Нами показано, что хлоренхима хвои у видов рода *Abies* состоит из клеток простой формы, а у *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco и *Larix sibirica* Ledeb. в мезофилле достаточно часто встречаются сложные ячеистые клетки (Зверева, Урман, 2010; Зверева, 2015). Задачей данной работы было обобщение сведений о пространственной организации ассимиляционной ткани хвои у видов семейства Pinaceae с плоскими листьями.

Структура мезофилла и трёхмерные формы ассимиляционных клеток изучались на примере 7 видов хвойных с уплощёнными листьями, относящихся к разным родам: *Abies cephalonica* Loud., *A. concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr., *A. sibirica* Ledeb., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea omorica* (Pancic) Purkyne, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco и *Tsuga canadensis* Carr.

Отбор хвои *Abies sibirica* и *Larix sibirica* проведён в Горном Алтае, *Abies concolor*, *Picea omorica* и *Pseudotsuga menziesii* – в Ботаническом саду Поволжского государственного технологического университета (г. Йошкар-Ола), *Abies cephalonica* – в Крыму на территории Никитского ботанического сада, *Tsuga canadensis* – в Парке Дендрарий (г. Сочи). Хвоя отбиралась в июле-августе в нижней части кроны у средневозрастных генеративных деревьев и фиксировалась в смеси Гаммалунда (Гродзинский, Гродзинский, 1973). Анатомические исследования проводилось в средней части хвои на поперечных, тангентальных и радиальных сечениях, также форма клеток мезофилла рассматривалась с помощью мацерированных препаратов (Possingham, Saurer, 1969).

При описании клеточных проекций использовали классификацию формы клеток мезофилла, предложенную нами для листьев злаков и хвойных (Зверева, 2009, 2020), в которой выделялись простые (вытянутой или округлой формы без выраженных выростов или складок) и сложные (отличающиеся разветвленностью оболочек) конфигурации. Клетки простой формы имеют прямые или слегка волнистые стенки, клетки сложной формы подразделялись на ячеистые (состоящие из секций, напоминающих палисадные клетки) и лопастные, или складчатые (имеющие многочисленные и разнообразные выросты). Ячеистые клетки первой группы выявляются на радиальных срезах хвои и аналогичны палисадным клеткам. Ячеистые клетки второй группы раскрываются на парадермальных сечениях хвои и выполняют роль губчатой ткани. Лопастные клетки своими наибольшими проекциями обнаруживаются на поперечных срезах.

Хвоя *Abies cephalonica*, *A. concolor*, *A. sibirica* и *Tsuga canadensis* плоская, у *Pseudotsuga menziesii* она плосковатая, а у *Picea omorica* – уплощённая (Деревья и кустарники..., 1949; Нестерович и др., 1986). Хвоя *Larix sibirica* узколинейная, на поперечных срезах отличается овальной формой.

У *Picea omorica*, *Tsuga canadensis* и видов *Abies* мезофилл хвои состоит из клеток простой формы, в ассимиляционной ткани *Pseudotsuga menziesii* достаточно часто встречаются ячеистые клетки, а хлоренхима *Larix sibirica* практически полностью состоит из клеток, имеющих сложные конфигурации в разных направлениях. У хвойных с простой формой клеток мезофилла под верхней эпидермой в 1–3 ряда расположена палисадная ткань, состоящая из вытянутых и часто конусообразных клеток с округлыми или овальными основаниями, их высота в первом ряду превышает ширину в 1,6–2,7 раза. У *Pseudotsuga menziesii* и особенно у *Larix sibirica* столбчатые клетки представлены ячеистыми первой группы, при этом отношение высоты клеточной секции к её ширине составляет 1,7–2,3.

Под нижней листовой поверхностью у *Picea omorica* и видов *Abies* также имеются палисадные клетки и мезофилл хвои этих видов можно описать как изолатерально-палисадный. Клетки губчатой паренхимы встречаются в более глубоких слоях хлоренхимы, на поперечных сечениях нередко они имеют слегка волнистые стенки. Дорсивентральное строение мезофилла отмечено у *Tsuga canadensis* с крупными губчатыми клетками, расположенными преимущественно в один ряд у абаксиальной эпидермы по обе стороны от смоляного канала.

Губчатая ткань в хвое *Larix sibirica* и *Pseudotsuga menziesii* представлена в основном ячеистыми клетками второй группы и строение мезофилла характеризуется как ячеисто-дорсивентральное, но с элементами ячеисто-изолатерально-палисадного.

Наиболее крупные ассимиляционные клетки у всех рассматриваемых видов растений расположены в центре хвоинки, они протягиваются в 3–5 рядов по обе стороны от эндодермы к её углам и по мере удаления от проводящего пучка становятся более короткими. Эти клетки у хвойных описывают как «клетки средней части хвоинки» и рассматривают в составе губчатой ткани или выделяют в отдельный тип мезофилла наряду с палисадным и губчатым (Зеркаль, 2000; Еремин, Зеркаль, 2002 и др.). Отмечается, что они имеют прямоугольную, овальную или мешковидную форму на поперечных сечениях и отличаются рыхлым сложением и незначительным содержанием хлорофилла.

В нашем случае клетки у эндодермы на поперечных сечениях хвои у видов *Picea omorica*, *Pseudotsuga menziesii* и *Tsuga canadensis*, а также у видов *Abies* имеют вытянутые контуры с прямыми или чуть волнистыми стенками, у *Larix sibirica* они отличаются разной степенью складчатости. Рассмотрение пространственных конфигураций этих клеток позволило выявить, что у *Picea omorica*, *Tsuga canadensis* и видов *Abies* их форма приближается к цилиндрической, о чем свидетельствуют близкие размеры ширины и толщины, а также округлые или овальные клеточные проекции на тангентальных срезах (таблица).

**Размеры ассимиляционных клеток, расположенных у эндодермы и направленных в сторону угла хвоинки, у видов семейства Pinaceae с уплощёнными листьями**

Вид	Размеры, мкм			
	Длина	Ширина	Толщина клеток	
			простой формы	сложной формы
<i>Abies cephalonica</i>	105,1±3,44	47,1±5,03	42,7±1,32	Нет
<i>Abies concolor</i>	107,4±4,14	45,4±3,34	46,1±1,49	Нет
<i>Abies sibirica</i>	71,0±1,87	39,7±1,50	39,4±0,82	Нет
<i>Larix sibirica</i>	101,4±2,27	37,5±2,30	30,6±2,24	55,1±3,49
<i>Picea omorica</i>	84,1±5,49	47,8±2,66	47,5±4,31	Нет
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	82,2±2,57	46,6±1,20	44,8±1,97	61,8±5,82
<i>Tsuga canadensis</i>	110,1±3,14	41,1±1,28	47,6±1,29	Нет

Примечания. Длина и ширина измерялись на поперечных срезах, толщина – на парадермальных срезах. Нет – отсутствие клеток сложной формы.

В хвое *Pseudotsuga menziesii* наряду с клетками цилиндрической формы достаточно часто встречаются сложные ячеистые и полуячеистые конфигурации этих клеток, проявляющиеся на радиальных сечениях. Наиболее сложные формы клеток у эндодермы наблюдаются в хвое *Larix sibirica*, их можно охарактеризовать как складчато-ячеистые, сочетающие лопастные контуры в поперечнике и ячеистые в продольном направлении.

По трехмерным очертаниям клетки средней части хвои близки к срединным клеткам, описанным нами для листьев злаков (Зверева, 2009). Подобные клетки хорошо развиты не только в плоских одножилковых, но и многожилковых листьях у представителей класса Хвойные (Pinopsida), что показано нами на примере *Nageia nagi* (Thunb.) Kuntze (Podocarpaceae Endl.) (Зверева, 2019).

Таким образом, в уплощённых листьях растений сем. Pinaceae выделяются три вида клеток мезофилла: палисадные, губчатые и срединные. Срединные клетки заметны как при хорошо выраженной, так и слабой дифференциации ассимиляционной ткани, они могут иметь простые или сложные ячеистые формы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев : Наукова думка, 1973. 591 с.
- Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. I. Голосеменные / З.Г. Белосельская, Я.Я. Васильев, С.И. Ванин и др. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1949. 463 с.
- Еремин В.М., Зеркаль С.В. Сравнительная анатомия листа сосновых. Брест : Изд-во БрГУ, 2002. 182 с.
- Еремин В.М., Чавчавадзе Е.С. Анатомия вегетативных органов сосновых (Pinaceae Lindl.). Брест : Полиграфика, 2015. 691 с.
- Зверева Г.К. Пространственная организация мезофилла листовых пластинок фестоуконидных злаков (*Poaceae*) и её экологическое значение // Бот. журн. 2009. Т. 94, № 8. С. 1204–1215.
- Зверева Г.К. Структурная организация мезофилла листьев у *Nageia nagi* (Podocarpaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2019. № 2 (34). С. 21–25.
- Зверева Г.К. Клетки хлоренхимы сложной формы у растений из семейств Poaceae и Pinaceae // Растительный мир Азиатской России. 2020. № 1(37). С. 11–17.
- Зверева Г.К. Отличительные особенности структуры хлоренхимы хвои у *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco и видов рода *Abies* Mill. (Pinaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2015. № 3 (19). С. 16–21.
- Зверева Г.К., Урман С.А. Пространственная организация мезофилла в листьях некоторых хвойных (Pinaceae) // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 333. С. 164–168.
- Зеркаль С.В. Сравнительная анатомия листа сосновых (Pinaceae Lindl.) : автореф. дисс... канд. биол. наук. Минск, 2000. 22 с.
- Зеркаль С.В., Волосюк С.Н., Колбас А.П. Сравнительный анализ анатомического строения листа тисса ягодного (*Taxus baccata* Lindl.) и псевдотсуги тиссолистной (*Pseudotsuga taxifolia* Lindl.) при различной степени освещенности // Вучоныхя запіскі Брэсцкага дзяржаўнага ун-та. 2009. Вып. 5, ч. 2. С. 57–69.
- Иванов Л.А. Анатомия растений. М. ; Л. : Гос. с.-х. изд-во, 1931. 137 с.
- Нестерович Н.Д., Дерюгина Т.Ф., Лучков А.И. Структурные особенности листьев хвойных. Минск: Наука и техника, 1986. 143 с.
- Тонкоштан Л.А. Анатомическое строение хвои основных древесных пород Красноярского края // Труды Института леса и древесины АН СССР. 1963. Т. 65. С. 118–127.
- Marco H.F. The anatomy of spruce needles // Journal of Agricultural Research. 1939. Vol. 58, No 5. P. 357–368.
- Owens J.N. Initiation and development of leaves in Douglas-fir // Canadian Journal of Botany. 1968. Vol. 46. P. 271–278.
- Pădure I. M., Bădulescu L., Dediu T., Burzo I. Morpho-anatomical and phytochemical researches regarding *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco (Pinaceae) // Scientific Annals of Alexandru Ioan Cuza University of Iasi. New Series, Section 2. Vegetal Biology. 2008. Vol. 54, No 1. P. 33–39.
- Possingham J.V., Saurer W. Changes in chloroplast number per cell during leaf development in spinach // Planta. 1969. Vol. 86, No 2. P. 186–194.

## Растительные сообщества Средней Лены, нуждающиеся в охране

Н.С. Иванова, С.З. Борисова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Россия, Якутск, ivanova@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты изучения редких сообществ долины среднего течения р. Лены, одного из богатых во флористическом отношении регионов Якутии. Здесь сконцентрированы популяции 81 вида сосудистых растений, занесенных в Красную книгу РС (Я) (2017). Различными видами охраны охвачены популяции 35 видов, вне Особо охраняемых природных территорий (ООПТ) находятся популяции 5 эндемиков Северо-Востока России, 13 видов, обитающих на северном пределе своих ареалов, и 3 эндемиков Центральной Якутии. Под угрозой полного исчезновения находятся степные сообщества с *Artemisia martjanovii* Krasch. ex Poljak., *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst., *Hedysarum gmelinii* Ledeb., *Astragalus lenensis* Shemetova, Schaulo et Lomon. и др.

**Ключевые слова.** Редкие растения, редкие сообщества, эндемик, Особо охраняемые природные территории, ООПТ, Якутия.

## Plant communities of the Middle Lena in need of protection

N.S. Ivanova, S.Z. Borisova

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Russia, Yakutsk, ivanova@mail.ru

**Abstract.** The results of the study of rare communities in the middle reaches of the Lena river valley, one of the most floristically rich regions of Yakutia, are presented. There are grow populations of 81 species of vascular plants listed in the regional Red Book. Populations of 35 species are covered by various types of protection. Five populations of endemic plants of the North-East of Russia, 13 species living on the northern limit of their ranges, and 3 endemic plants of the Central Yakutia were not included in protected areas (PAs). The relict steppe communities with *Artemisia martjanovii* Krasch. ex Poljak., *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst., *Hedysarum gmelinii* Ledeb., *Astragalus lenensis* Shemetova, Schaulo et Lomon. are under threat of complete extinction.

**Key words.** Rare plants, rare plant communities, endemic, Protected areas (PAs), Yakutia.

Долина р. Лены отличается высоким биологическим разнообразием, здесь произрастает каждый второй эндем Якутии, благодаря утепляющему влиянию крупнейшего речного стока, далеко на север проникают многие виды растений, обогащая флору региона. Исторически долина р. Лены является густонаселенным регионом Республики Саха (Якутия) (РС (Я)), и в настоящее время здесь сосредоточены сельское хозяйство и промышленность.

Созданная сеть Особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в основном направлена на сохранение животного мира (Борисов и др., 2012). Флористические исследования показали, что популяции ряда редких видов и растительных сообществ не охвачены ООПТ РС (Я), особенно в долине среднего течения р. Лены (от устья р. Витим до впадения р. Алдан) (Борисов и др., 1999, 2012 и др.).

В долине Средней Лены выявлены места обитания 81 вида сосудистых растений, занесенных в Красную книгу РС (Я) (2017), из которых 10 охраняется на федеральном уровне. Только на небольшом участке от устья р. Витим до устья р. Хамра проходит северная граница ареалов более 40 видов, занесенных в список охраняемых в РС (Я) растений. Здесь по долине р. Лены проходят границы двух Ресурсных резерватов (РР) регионального значения «Хамра» и «Пилка», большая часть территорий которых охватывает таежные леса и только на протяжении около 100 км долина р. Лены находится под охраной этих РР. Вне ООПТ находятся популяции 13 видов редких растений.

Нами изучены самые северные популяции сибирского степного вида *Hemerocallis minor* L., встречающегося на территории Якутии в составе крупнотравных разнотравно-злаковых заливных лугов, служащих основной кормовой базой сельского хозяйства Олекминского района Юго-Западной Якутии (Борисова, Данилова, 2017). В этом районе на склонах коренного берега р. Лены на красноцветных глинах широко распространены степные фитоценозы с *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst. изолированные от основного ареала в Сибири (Данилова, Борисова, 2006, 2010). Другие места обитания *K. ceratoides* в Якутии находятся на значительном удалении от олекминских степей – в Хангаласском районе Центральной Якутии. Все места обитания вида являются объектом хозяйственной деятельности человека и расположены в непосредственной близости населенных пунктов (Данилова, Борисова, 2010).

На территории Центральной Якутии растительность долины р. Лены становится разнообразнее, на широкой пойме сохранились реликтовые степные сообщества с *Astragalus lenensis* Shemetova, Schaulo et Lomon., *Elytrigia villosa* (Drobov) Tzvelev, *Potentilla jacutica* Juz., *Sibbaldianthe adpressa* (Bunge) Juz., *Ephedra monosperma* С.А.Меу. (Данилова и др., 2009; Данилова, Семенова, 2015; Иванова, Борисова, 2010, 2016 и др.).

Еще одним интересным объектом являются степи с *Artemisia martjanovii* Krasch. ex Poljak. В якутской части ареала все местообитания полыни Мартъянова находятся в непосредственной

близости от населенных пунктов и подвергаются постоянному антропогенному воздействию. Исследования последних лет показали, что вид практически исчез в окр. с. Булгунняхтах, для сохранения популяций в окр. сел Улахан-Ан, Еланка Хангаласского района требуется принятие срочных мер (Борисова и др., 2016).

Ниже устья р. Хамра до границы Национального парка «Ленские столбы» (устье р. Тарынг-Юрях) на протяжении более 800 км долины р. Лены территориальная охрана уникальных растительных сообществ отсутствует. В настоящее время единственным способом охраны редких и исчезающих растений на этом участке долины Средней Лены является их интродукция в ботанических садах. В целях сохранения естественных мест обитания сообществ с *Artemisia martjanovii*, *Krascheninnikovia ceratoides*, *Hedysarum gmelinii*, *Astragalus lenensis* и др., находящихся под угрозой полного исчезновения, рекомендуется создать ботанические памятники природы на левом берегу р. Лены на территории Ленского, Олекминского и Хангаласского районов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Борисов Б.З., Борисова С.З., Захарова В.И., Борисов З.З. Проблема охраны редких и исчезающих видов флоры сосудистых растений долины реки Лены // Флора и растительность Якутии. М., 1999. С. 69–77.
- Борисов Б.З., Борисова С.З., Борисов З.З. Роль территориальной охраны в сохранении естественной растительности и разнообразия флоры Якутии // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 10 (84). С. 643–662.
- Борисова С.З., Данилова Н.С. Эколого-биологическая характеристика редкого для Якутии вида *Hemerocallis minor* (Hemerocallidaceae) // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2017. № 39. С. 44–57. DOI: 10.17223/19988591/39/3
- Борисова С.З., Данилова Н.С., Иванова Н.С. Характеристика ценопопуляции *Artemisia obtusiloba* subsp. *martjanovii* Krasch. ex Poljak. в Центральной Якутии // Вестник СВФУ. 2016. Вып. 5 (55). С. 5–17.
- Данилова Н.С., Борисова С.З. Крашенинниковия ленская (*Krascheninnikovia lenensis* (Kumin.) Tzvel.) в природе и культуре // Бюл. Гл. ботан. сада. 2006. Вып. 190. С. 7–12.
- Данилова Н.С., Борисова С.З. Популяции *Krascheninnikovia lenensis* (Kumin.) Tzvel. на территории Якутии // Вестник ЯГУ. 2010. Т. 7, № 2. С. 19–22.
- Данилова Н.С., Иванова Н.С., Борисова С.З. Инвентаризация ценопопуляций некоторых редких растений окрестностей г. Якутска // Вестник ЯГУ. 2009. Т. 6, № 4. С. 5–9.
- Данилова Н.С., Семенова В.В. Фитоценотическая приуроченность *Astragalus angarensis* (Fabaceae) в Центральной Якутии // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 113 (09). С. 174–183.
- Иванова Н.С., Борисова С.З. К вопросу охраны редкого вида *Thermopsis lanceolata* ssp. *jacutica* // Ботанические сады – центры изучения и сохранения биоразнообразия: Материалы региональной конференции. Якутск : ПК PRODESIGN, 2010. Вып. 4. С. 71–74.
- Иванова Н.С., Борисова С.З. Ценопопуляции *Polygala sibirica* L. в окрестностях села Еланка (Центральная Якутия) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2(2). С. 377–380.
- Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / отв. ред. Н.С. Данилова. М. : Реарт, 2017. 412 с.



## Коллекция П.Н. Крылова в Гербарии Казанского университета

Л.Р. Кадырова, Н.Б. Прохоренко

*Казанский федеральный университет, Казань, Россия; luizakadirova@mail.ru*

**Аннотация.** В статье описана гербарная коллекция, собранная П.Н. Крыловым за период с 1876 по 1884 г. на территории бывших Пермской, Вятской и Казанской губерний, хранящаяся в гербарии Казанского федерального университета KAZ. Коллекция включает 3689 гербарных листов и насчитывает 925 видов сосудистых растений (6 видов плауновидных, 7 видов хвощевидных, 24 вида папоротниковидных, 3 вида голосеменных и 885 видов покрытосеменных растений), в том числе виды, имеющие охранный статус. Ведется работа по созданию электронной базы данных на основе данной и других коллекций гербария KAZ.

**Ключевые слова:** П.Н. Крылов, Гербарий KAZ.

## P.N. Krylov's collection in Kazan Universities Herbarium

L.R. Kadyrova, N.B. Prokhorenko

*Kazan Federal University, Kazan, Russia; luizakadirova@mail.ru*

**Abstract.** The article describes the herbarium collection by P.N. Krylov for the period from 1876 to 1884. This collection includes plants from the former Perm, Vyatka and Kazan provinces territory and localized in the herbarium of Kazan Federal University KAZ. The collection contains 3689 herbarium leaves and totals 925 species of vascular plants (6 species of plauiform, 7 species of horsetail, 24 species of fern-shaped, 3 species of gymnosperms and 885 species of angiosperms). There are species among them with conservation status. Now we are working to create an electronic database based on this and other collections of KAZ herbarium.

**Key words:** P.N. Krylov, Herbarium KAZ.

Коллекция П.Н. Крылова – одна из наиболее крупных в Гербарии Казанского федерального университета KAZ. П.Н. Крылов, фармацевт по образованию, поступил на службу в Императорский Казанский университет в 1871 г. Первые годы пребывания в университете он работал в должности помощника провизора, позднее получил степень провизора, с 1876 г. принят сверхштатным лаборантом при доцентуре аналитической химии. А в 1879 г. переведен на должность ученого садовника Ботанического сада Казанского университета (Гуреева, 2011), после чего активно занялся обустройством сада. По образному выражению А.Я. Гордягина, Порфирий Никитич «имел, очевидно, в виду превратить его в живой музей флоры Восточной России» (Гордягин, 1933, с. 50). Крыловым был создан полный каталог растений сада, как оранжерейных, так и культивируемых в открытом грунте. Значительное число живых растений было вывезено им и другими молодыми ботаниками для пополнения коллекции ботанического сада из их поездок по Восточной России (Гордягин, 1933).

П.Н. Крылов уже в конце 70-х годов выдвинулся своими работами по флоре и растительности Урала и бывшей Пермской губернии. Он сыграл значительную роль в развитии ботанико-географических исследований в Казанском университете. В его работах казанского периода «Материалы к флоре Пермской губернии» он предложил понятие «растительная область», на основе естественно-географических и флористических признаков выделил в Пермской губернии четыре растительные области: альпийскую, каменистую, лесную и лесостепную (Любарский, 2005).

В 1885 г. П.Н. Крылов покинул Казань, перейдя на место садовника будущего Томского университета. «Таким образом, был потерян для нашего Ботанического сада единственный за все время его существования человек, который не по должности только, но по существу дела имел право именоваться «ученым садовником» (Гордягин, 1933, с. 50). В Томск П.Н. Крылов прибыл не с пустыми руками, он привёз с собой гербарные коллекции и 700 живых растений, которые легли в основу создаваемых в Томском университете музея и Ботанического сада (Чернов, 2005, Гуреева, 2011).

В настоящий момент гербарные сборы П.Н. Крылова, хранящиеся в фондах ботанического отдела Зоологического музея и Гербария им. Э.А. Эверсмана Казанского университета, насчитывают 3689 гербарных листов. Растения монтированы на листах плотной бумаги, снабжены постоянными этикетками (рис. 1). Временные этикетки с рабочими записями П.Н. Крылова, на которых указаны места и даты сбора образцов, также сохранены. Довольно часто встречаются гербарные листы, на которых смонтировано несколько растений одного вида, собранных в разное время и в разных географических пунктах.

Собранные Порфирием Никитичем растения им же определены. Встречаются гербарные листы с видами, переопределенными О.Г. Барановой.

П.Н. Крылов проводил сборы растений преимущественно на территориях бывшей Пермской губернии в 1874–1876, 1878 гг. и бывшей Вятской губернии в 1882 г. Небольшая часть коллекции (12 гербарных листов) собрана в бывшей Казанской губернии. Территории, на которых проводились сборы, лежат в пределах современных границ Пермского края, Кировской области, Республики Марий Эл, Удмуртской Республики и Республики Татарстан.



Рис. 1. Гербарный лист из коллекции П.Н. Крылова

Коллекция П.Н. Крылова в Гербарии Казанского университета насчитывает 925 видов сосудистых растений. Это 6 видов плауновидных, 7 видов хвощевидных, 24 вида папоротниковидных, 3 вида голосеменных и 885 видов покрытосеменных растений. Среди покрытосеменных растений наиболее выделяются по видовому разнообразию следующие семейства: Asteraceae (112 видов), Poaceae (71 вид), Сурегасеae (50 видов), Сагуорфиллаceae (49 видов) и Fabaceae (44 вида).

Коллекция П.Н. Крылова включает гербарий большого количества редких для изученной территории видов растений (Красная книга..., 2008; Красная книга..., 2008 а; Красная книга..., 2012; Красная книга..., 2013; Красная книга..., 2014; Красная книга..., 2016). Это, например, такие виды, как гроздовник виргинский (*Botrychium virginianum* (L.) SW.), гроздовник ланцетовидный (*Botrychium lanceolatum* (S.G. Gmel.) Angstrom), костенец постенный (*Asplenium ruta-muraria* L.), пузырник судетский (*Cystopteris sudetica* A. Braun & Milde). Среди покрытосеменных растений это адонис весенний (*Adonis vernalis* L.), астрагал серпоплодный (*Astragalus falcatus* Lam.), венерин башмачок капельный (*Cypripedium guttatum* SW.), венерин башмачок крупноцветковый (*Cypripedium macranthon*

Sw.), венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.), гнездовка настоящая (*Neottia nidus-avis* (L.) Rich.), калипсо луковичная (*Calypso bulbosa* (L.) Oakes), ветреница уральская (*Anemone uralensis* Fisch. ex DC.), водяника черная (*Empetrum nigrum* L.), герань кроваво-красная (*Geranium sanguineum* L.), княженика обыкновенная (*Rubus arcticus* L.), козелец пурпурный (*Podospermum purpureum* (L.) W.D.J. Koch & Ziz), кокушник комарниковый (*Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br.), колокольчик болонский (*Campanula bononiensis* L.), короставник татарский (*Knautia tatarica* (L.) Szabó), котовник венгерский (*Nepeta nuda* L.), кубышка малая (*Nuphar pumila* (Timm) DC.), кувшинка четырехгранная (*Nymphaea tetragona* Georgi), ладьян трёхраздельный (*Corallorhiza trifida* Châtel.), лазурник трёхлопастный (*Laser trilobum* (L.) Borkh.), лилия царские кудри (*Lilium martagon* L.), надбородник безлистный (*Epipogium aphyllum* Sw.), пальцекоренник зеленый (*Dactylorhiza viridis* (L.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase), пион уклоняющийся (*Paeonia anomala* L.), поповник щитковый (*Pyrethrum corymbosum* (L.) Scop.), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich.), серпуха венценосная (*Serratula coronata* L.), тайник сердцевидный (*Neottia cordata* (L.) Rich.), тимьян Маршалла (*Thymus pulegioides* subsp. *pannonicus* (All.) Kerguelen), ятрышник мужской (*Orchis mascula* (L.) L.) и многие другие.

Так, *Nuphar pumila* на территории Удмуртии и Кировской области имеет категорию редкости 3, Пермского края – 2, Республики Татарстан – 1. *Corallorhiza trifida* охраняется в Кировской области и Республике Марий Эл (категория 3), в Удмуртской Республике и Республике Татарстан (категория 2). *Cypripedium macranthon* входит в состав Красной книги Российской Федерации (категория 3), на территориях Республики Татарстан и Удмуртии вероятно исчезнувший вид (категория 0).

С 2018 г. ведется работа по созданию электронной базы данных на основе коллекций гербария КАЗ. Электронная база данных содержит такие сведения о гербарных образцах как систематическая принадлежность образца, русское название вида, латинское название вида (как на этикетке), общепринятое латинское название вида, ФИО коллектора, место нахождения, местообитание, дата сбора, ФИО лица, определившего образец, ФИО лица, переопределившего образец, изображение, место хранения и др.

Гербарная коллекция П.Н. Крылова служит историческим свидетельством природного прошлого изученной им территории. Информация, заключенная в этой коллекции, дает возможность анализировать морфологическую изменчивость растений, динамику их ареала, экологию, начиная со второй половины XIX в. и по настоящее время.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гордягин А.Я. Из истории Ботанического кабинета // Ученые записки Казанского государственного университета им. В.И. Ульянова-Ленина. 1933. Кн. 6, вып. 1. С. 46–65.
- Гуреева И.И. Порфирий Никитич Крылов (к 160-летию со дня рождения) // Бот. журн. 2011. Т. 96, № 1. С. 116–132.
- Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / под ред. О.Г. Барановой, Е.П. Лачохи, В.М. Рябова, В.Н. Сотникова, Е.М. Тарасовой, Л.Г. Целищевой. Киров : Кировская областная типография, 2014. 336 с.
- Красная книга Пермского края / под ред. проф. А.И. Шепель. Пермь : Книжный мир, 2008. 256 с.
- Красная книга Республики Марий Эл. Том: Растения. Грибы / сост. Г.А. Богданов, Н.В. Абрамов, Г.П. Урбанавичюс, Л.Г. Богданова. Йошкар-Ола : МарГУ, 2013. 324 с.
- Красная книга Республики Татарстан: животные, растения, грибы / гл. ред. А.А. Назиров. Казань : Идеал-пресс, 2016. 759 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / редколл.: Ю.П. Трутнев и др.; сост. Р.В. Камелин и др. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
- Красная книга Удмуртской Республики / отв. ред. О.Г. Баранова. 2-е изд. Чебоксары : Перфектум, 2012. 458 с.
- Любарский Е.Л. Становление Казанской геоботанической школы // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2015. Т. 157, кн. 4. С. 109–123.
- Чернов И.А. Ботанический сад Казанского университета от Фукса до наших дней. 1806–2006 гг. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2005. 80 с.

## Род пузырчатка (*Utricularia* L., Lentibulariaceae Rich.) в Западной Сибири: видовой состав, распространение, особенности экологии

О.А. Капитонова

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, Россия; kapoa.tkns@gmail.com  
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Россия

**Аннотация.** Для территории Западной Сибири приводится произрастание 6 видов рода *Utricularia*: *U. vulgaris*, *U. macrorhiza*, *U. australis*, *U. minor*, *U. intermedia* и *U. ochroleuca*. Показано распространение видов в регионе, дана характеристика мест их обитания. Особое внимание уделено диагностическим признакам пузырчаток. Отмечено, что три из шести указанных для Западной Сибири видов (*U. macrorhiza*, *U. australis*, *U. ochroleuca*) имеют в пределах региона единичные местонахождения.

**Ключевые слова:** водные и прибрежно-водные растения, гидрофиты, макрофиты, плотоядные растения, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ.

## Genus bladderwort (*Utricularia* L., Lentibulariaceae Rich.) in Western Siberia: species composition, distribution, ecological features

О.А. Kapitonova

Tobolsk complex scientific station UB RAS, Tobolsk, Russia; kapoa.tkns@gmail.com  
Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Borok, Russia

**Abstract.** The growth of 6 species of the genus *Utricularia* has been shown for the territory of Western Siberia: *U. vulgaris*, *U. macrorhiza*, *U. australis*, *U. minor*, *U. intermedia* and *U. ochroleuca*. The distribution of species in the region is discussed, and their habitats are characterized. Special attention is paid to the diagnostic signs of bladderworts. It was noted that three of the six species indicated for Western Siberia (*U. macrorhiza*, *U. australis*, *U. ochroleuca*) have single locations within the region.

**Key words:** aquatic and semi-aquatic plants, hydrophyte, macrophyte, carnivorous plants, Tyumen Region, Khanty-Manci Autonomous Okrug, Yamal-Nenets Autonomous Okrug.

Представители рода пузырчатка (*Utricularia* L.) относятся к настоящим водным или прибрежно-водным растениям (макрофитам), обладающим миксотрофным питанием: наряду с автотрофностью для них характерна плотоядность, что обеспечивается наличием на побегах специализированного ловчего аппарата в виде пузырьков. Многие виды пузырчаток относятся к погруженным в воду гидрофитам, ряд видов обитает в увлажненных или сырых экотопах, образуя наземную форму; среди тропических видов встречаются также эпифитные формы (Земскова, 1981).

Род насчитывает более 200 видов, распространенных преимущественно в тропических и субтропических широтах (Taylor, 1989). Для территории России приводится 8 видов пузырчаток (Черепанов, 1995), для азиатской части России – 7 (Доронькин, 2012), а для флоры Сибири указывается 3 вида (Олонова, 1996; Доронькин, 2005). Проводимые нами на территории Западной Сибири (преимущественно в пределах Тюменской области, включая Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа) гидробиотанические исследования позволили выявить новые для региона виды этого рода. Согласно полученным нами результатам род пузырчатка в Западной Сибири представлен 6 видами. Все они относятся к типовой секции подрода *Utricularia* (Taylor, 1989).

Наиболее обычным и широко распространенным в пресноводных водоемах Западной Сибири видом является пузырчатка обыкновенная (*U. vulgaris* L.). Это бескорневой погруженный в воду гидрофит, не образующий наземной формы. Произрастает на мелководьях самых разнообразных стоячих и слабопроточных водоемов, часто образуя обширные заросли, хорошо заметные во время массового цветения. Считается, что вид имеет обширный циркумбореальный ареал, заходящий в арктические районы (Цвелев, 1983). Однако, по мнению монографа рода П. Тейлора (Taylor, 1989), вид не встречается в Северной Америке и в Азии восточнее Алтая, где замещается близким видом – пузырчаткой крупнокорневой (*U. macrorhiza* Leconte), что подтверждается флористическими материалами с Восточной Сибири (Чепинога, 2015) и Российского Дальнего Востока (Цвелев, 1996). Таким образом, *U. vulgaris* имеет преимущественно европейско-западноазиатское распространение, а *U. macrorhiza* – азиатско-североамериканское.

Оба вида внешне очень похожи, что дает основание некоторым авторам рассматривать второй вид в качестве подвида пузырчатки обыкновенной (*U. vulgaris* subsp. *macrorhiza* (Leconte) R.T. Clausen)

(Цвелев, 1983; *Utricularia*, 2020). Морфологическое сходство, по-видимому, стало причиной того, что *U. macrorhiza* не указывалась для флоры Сибири (Черепанов, 1995; Олонова, 1996; Доронькин, 2005, 2012). Основными отличительными признаками пузырчатки крупнокорневой являются детали строения цветка: для данного вида характерен согнутый кверху шпорец с островатой верхушкой, на внутренней поверхности которого железки расположены как с дорсальной, так и с вентральной стороны, тогда как у пузырчатки обыкновенной шпорец прямой с тупой верхушкой, а железки имеются только на его внутренней дорсальной поверхности (Taylor, 1989). Нами *U. macrorhiza* обнаружена в Нефтеюганском р-не ХМАО-Югры (Капитонова и др., 2014), и эта находка, по-видимому, является на сегодняшний день наиболее западной точкой в азиатской части ареала этого вида. Данный вид предпочитает те же условия местообитаний, что и пузырчатка обыкновенная, но вместе оба вида, очевидно, не встречаются.

Очень близка к пузырчатке обыкновенной и пузырчатка южная (*U. australis* R. Br.), которая отличается от первой округлой плоской нижней губой венчика с горизонтально распростертыми боковыми долями, а также отсутствием волосков в зеве венчика (Taylor, 1989). В дополнение к этим признакам указывается также на удлиненные, косо вверх направленные цветоножки, которые в 3 и более раз длиннее прицветников, короткий, прямой, конический шпорец, сближенные, но не сросшиеся друг с другом пыльники, а также S-образно изогнутый цветонос (Цвелев, 1996, 2000; Лисицына и др., 2009). Известно, что плодоносит *U. australis* крайне редко, хотя цветение может быть обильным. Плодоносящие растения известны лишь из Китая и Японии (Taylor, 1989; Цвелев, 1996). Пузырчатка южная имеет обширный борео-тропический ареал; она распространена в Евразии (за исключением северных районов), тропической и южной Африке, Австралии и Новой Зеландии (Taylor, 1989). На территории России вид известен с европейской части и с Дальнего Востока (Цвелев, 1996; Лисицына и др., 2009). Пузырчатка южная обитает в тех же условиях, что и первые два вида, однако, отмечено, что она предпочитает более кислые воды, тогда как пузырчатка обыкновенная обитает в воде, богатой основаниями (Taylor, 1989). Согласно другим данным, в местообитаниях *U. australis* кислотность воды колеблется от нейтральных значений до 9,5 единиц pH (в среднем 8,3 ед. pH), при этом в водах, богатых основаниями, численность популяций пузырчатки южной не высока, что указывает на неоптимальные для вида условия (Ceschin et al., 2020). Этими же авторами выяснено, что температура воды в местах произрастания вида составляет 23–29°C, а глубина обычно не превышает 50 см (обычно 10–20 см); в некоторых случаях водоемы могут быть временными, полностью высыхающими в летний период, а в стоячих водоемах с высокой прозрачностью воды и глубоким проникновением солнечного света пузырчатка южная может обитать на значительно больших глубинах (Ceschin et al., 2020). В стрессовых условиях этот вид выживает за счет формирования турионов – особых вегетативных почек, предназначенных для переживания неблагоприятного сезона.

Для территории Сибири пузырчатка южная ранее не приводилась (Доронькин, 2012). Нами этот вид обнаружен в пойменных водоемах р. Иртыш в пределах Тобольского района Тюменской области. Растения произрастали на прибрежных мелководных участках, цвели. Вероятно, вид распространен в регионе шире, но просматривается в связи с морфологическим сходством с пузырчаткой обыкновенной.

Одним из широко распространенных видов рассматриваемого рода является пузырчатка малая (*U. minor* L.), имеющая голарктический аркто-субмеридиональный ареал. Этот вид хорошо отличается от остальных рассматриваемых видов пузырчаток своими небольшими пузырьками (1–2,5 мм в диаметре) на погруженных в воду или лежащих на субстрате зеленых побегах, наличием бесхлорофилльных, погруженных в субстрат побегов, маленькими цветками и в целом небольшими размерами всего растения. Цветет пузырчатка малая редко и обнаруживается при тщательном изучении свойственных ей биотопов. Этот вид произрастает в стоячей неглубокой воде – в мочажинах болот, на мелководьях и затопляемых берегах небольших водоемов, часто вместе с другими видами водных и прибрежно-водных растений – рясками, телорезом, ежеголовниками, осоками, другими видами пузырчаток, водными мхами и др. В Западной Сибири пузырчатка малая распространена по всей территории, в том числе в субарктических широтах (Цвелев, 1983; Олонова, 1996), но везде встречается спорадически. Возможно, вид просматривается из-за редкого цветения и небольших размеров растений, вследствие чего данные о его распространении в регионе, очевидно, не полны и требуют уточнения. В пределах Тюменской области этот вид неоднократно собирался нами в мочажинах минеротрофных болот, на мелководьях и заболоченных берегах пойменных мезотрофных водоемов и на прибрежных заболочивающихся мелководьях обводненных песчаных карьеров.

Еще два вида пузырчаток, встречающихся в Западной Сибири (*U. intermedia* Hayne и *U. ochroleuca* R. Hartm.), имеют столонообразные стебли двух типов. Одни из них, обычно горизонтально распростерты, часто лежащие на каком-нибудь субстрате или на поверхности воды,

предназначены для осуществления фотосинтеза; они зеленые, без пузырьков или с единичными пузырьками. Столонообразные побеги второго типа более или менее вниз направленные, не зеленые, несут ловчие пузырьки и предназначены для улавливания мелких гидробионтов (Цвелев, 1996). В отличие от рассмотренных выше видов пузырчаток указанные виды могут образовывать наземную форму, обитая на увлажненных и сырых местах.

Пузырчатка средняя, или промежуточная (*U. intermedia*) – голарктический бореальный вид, заходящий в южные районы Арктики (Цвелев, 1983) и довольно обычный в Западной Сибири (Олонова, 1996). Произрастает в мочажинах болот, на мелководных участках водоемов, на сырых берегах. Конечные доли зеленых листьев этого вида туповатые, по бокам с 9–20 щетинками на едва заметных зубцах. Венчик желтый с островатым цилиндрическим шпорцем, который обычно длиннее нижней губы (Taylor, 1989). В условиях Сибири пузырчатка средняя обильно цветет и плодоносит.

Пузырчатка светло-желтая (*U. ochroleuca*), как и пузырчатка средняя, имеет дифференцированные подводные стебли, но на зеленых побегах имеются единичные ловчие пузырьки. Конечные доли зеленых листьев у нее не тупые, а постепенно заостренные, по краям с 4–9 выступающими зубчиками, несущими щетинки; цветки бледно-желтые с коротким островатым шпорцем, который обычно короче нижней губы; четырехраздельные железистые волоски на внутренней поверхности пузырьков X-образно расходятся, тогда как у *U. intermedia* они обычно попарно сложены (Taylor, 1989). *U. ochroleuca* имеет циркумбореальный ареал, охватывающий северную, центральную и западную Европу, север Америки (Канада и США), Афганистан и Японию с вероятными находками вида и в других умеренных и арктических районах Азии (Taylor, 1989). Местообитания вида в целом такие же, как и у *U. intermedia*, но чаще всего *U. ochroleuca* бывает погружена в насыщенный водой детрит и, при отсутствии цветков, обнаружить ее удастся лишь путем тщательного осмотра не только поверхностного слоя воды, но субстрата под ней. Именно таким образом этот вид был впервые обнаружен нами в одном из водоемов г. Тобольска (Тюменская область): при сборе гидрофитов вместе с куртиной растущего под водой мха была захвачена и пузырчатка светло-желтая, что обнаружилось уже в лаборатории. Позднее этот вид был обнаружен также в Ярковском районе Тюменской области.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Доронькин В.М. Семейство Lentibulariaceae – Пузырчатковые // Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения. Новосибирск : Наука, 2005. С. 198.
- Доронькин В.М. Семейство Lentibulariaceae Rich. // Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. С. 412–413.
- Земскова Е.А. Семейство пузырчатковые (Lentibulariaceae) // Жизнь растений. М. : Просвещение, 1981. Т. 5, ч. 2. С. 440–443.
- Капитонова О.А., Капитонов В.И., Ильминских Н.Г. О находке *Utricularia macrorhiza* (Lentibulariaceae) в Западной Сибири // Turczaninowia. 2014. Т. 17, № 2. С. 82–86. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.17.2.11>
- Лисицына Л.И., Папченков В.Г., Артеменко Л.И. Флора водоемов волжского бассейна. Определитель сосудистых растений. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2009. 219 с.
- Олонова М.В. Семейство Lentibulariaceae – Пузырчатковые // Флора Сибири. Т. 12: Solanaceae – Lobeliaceae. Новосибирск : Наука, 1996. С. 99–102.
- Цвелев Н.Н. Сем. LXV. Lentibulariaceae Rich – Пузырчатковые // Арктическая флора СССР. Вып. 8, ч. 2. Л. : Наука, 1983. С. 7–16.
- Цвелев Н.Н. Сем. 127. Пузырчатковые – Lentibulariaceae Rich. // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. СПб. : Наука, 1996. Т. 8. С. 260–267.
- Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб. : Изд-во СПбХФА, 2000. 782 с.
- Чепинога В.В. Флора и растительность водоемов Байкальской Сибири. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 468 с.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. СПб. : Мир и семья, 1995. 992 с.
- Ceschin S., Bellini A., Traversetti L., Zuccarello V., Ellwood N.T.W. Ecological study of the aquatic carnivorous plant *Utricularia australis* R.Br. (Lentibulariaceae) // Aquat. Ecol. 2020. Vol. 54. P. 295–307. <https://doi.org/10.1007/s10452-019-09743-y>
- Taylor P. The genus *Utricularia*: a taxonomic monograph. Kew Bulletin Additional Series XIV. London, 1989. 724 pp.
- Utricularia* // The Plant List: A working list of all plant species. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Lentibulariaceae/Utricularia/> (Accessed: 14.04.2020).

## Этноботанические исследовательские проекты как форма обучения

Т.Ю. Клецкина, М.Н. Шурупова

*Томский государственный университет, Томск, Россия; kletskina\_taisiya@mail.ru*

**Аннотация.** Этноботаника – междисциплинарная наука, находящаяся на грани гуманитарных и естественных наук, изучающая взаимодействие между людьми и растениями. В рамках летней школы в санатории Ветразь (Республика Беларусь) для старшеклассников был апробирован авторский курс «Этноботаника». Курс нацелен на понимание, запоминание, применение, анализ, создание, оценивание информации и на привлечение школьников к развитию науки. Программа курса построена на этноботанических исследовательских проектах, которые осуществлялись учащимися с использованием этноботанических методик. В статье приводятся алгоритмы и результаты 3 проектов, реализованных в окрестностях г. Постава: 1) применение дикорастущих растений местными жителями; 2) этноботанический анализ перспективных для декорирования и использования в быту дикорастущих растений; 3) дикорастущие растения, используемые местными жителями для приготовления чая.

**Ключевые слова:** этноботаника, исследования, проекты, школьники, наука, инновационные методы.

## Ethnobotanical research projects as a form of education

T.Y. Kletskina, M.N. Shurupova

*Tomsk State University, Tomsk, Russia; kletskina\_taisiya@mail.ru*

**Abstract.** Ethnobotany is multidisciplinary science that is on the edge of the Humanities and Natural Sciences, studying the interaction between people and plants. As part of the summer schools, the author's course "Ethnobotany" was tested in the Vetrasz sanatorium (Republic of Belarus). The course is aimed at understanding, memorizing, applying, analyzing, creating, evaluating information and engaging students in the development of science. The course program is based on ethnobotanical research projects, which were carried out by students using ethnobotanical methods. The article presents algorithms and results of 3 projects implemented in the vicinity of the city Postavy: 1) the use of wild plants by local residents; 2) ethnobotanical analysis of wild plants promising for decoration and use in everyday life; 3) wild plants used by local people for making tea.

**Key words:** ethnobotany, research, projects, school students, science, innovative methods.

Привлечение интереса школьников к науке в век цифровизации и ускорения темпа жизни становится все более сложной задачей, поэтому важно внедрять и использовать инновационные методы, в том числе – активное обучение. Этноботаника – междисциплинарная стыковая наука, находящаяся на грани естественных и гуманитарных наук, исследующая взаимодействия людей с растениями. Будучи сравнительно новым направлением науки о растениях, она активно развивается в Австралии, Канаде, США, странах Северной и Центральной Африки и в других странах (Ткаченко, Лебедев, 2018), в то время как в России и странах бывшего СНГ этноботанические исследования проводятся гораздо реже и чаще носят этнографический характер (Колосова, Ипполитова, 2010).

В связи с глобальной урбанизацией, сокращением численности и исчезновением малых народов утрачивается накопленный за столетия опыт использования лекарственных растений. Этноботанические исследования позволяют зафиксировать народные знания об использовании растений и переосмыслить их в научном ключе.

Курс «Этноботаника» был разработан и апробирован в рамках летней школы Частного общеобразовательного учреждения общего и дополнительного образования «Лаборатория непрерывного математического образования» (г. Санкт-Петербург) как попытка вызвать у одаренных школьников интерес к этой области знания. Площадкой для проведения летней школы стал реабилитационный центр «Ветразь» в Белорусском городе Постава. Программа курса «Этноботаника» включает 40 академических часов, 3 раздела с 3 модулями в каждом с иерархией образовательных целей по Б.С. Блуму (Bloom et al., 1956): *понимание* – классификация объектов этноботанических исследований, *запоминание* – соотношение оборудования с методами этноботанических исследований, *применение* – использование методов полевого сбора материала, *анализ* – анализ данных этноботанического исследования, *создание* – организация выступления по этноботаническому исследованию на конференции, *оценивание* – конструктивная критика проектов одноклассников.

Методами этноботанического исследования стали сбор и идентификация гербарных образцов, этноботаническое анкетирование, интервьюирование местных жителей, мастер-классы с носителями традиций. Для выполнения работ были проведены экспедиционные маршруты в близлежащие поселения (г. Постава, с. Черты, с. Костени, с. Кащицы). Учащимися было опрошено 100 человек. Школьники также собирали данные во время экскурсий и лабораторных работ. Курс основан на

инновационных методах и технологиях современного образования (игровая обучающая система kahoot, google forms, mind map, Frayer model, методика «corners»). Особенность курса заключается в том, что он базируется на этноботанических исследовательских проектах. В процессе их реализации учащиеся на практике получали не только знания по предмету «Этноботаника», но и научные данные, которые имеют самостоятельную ценность.

Ниже представлены алгоритмы и результаты 3 ученических исследовательских проектов, реализуемых в группах по 3–4 человека.

### **1. Этноботаническое исследование флоры окрестностей города Поставы.**

Цель – изучение применения дикорастущих растений окрестностей города Поставы местными жителями. Были поставлены следующие задачи:

1. Выявить наиболее популярные дикорастущие полезные растения, используемые местным населением г. Поставы.

2. Определить особенности заготовки местным населением дикорастущего сырья полезных растений.

3. Выявить не описанные в научной литературе способы применения полезных растений.

По итогам работы учащимися было выявлено 4 основные категории растений, используемых местными жителями: пищевые, лекарственные, декоративные и кормовые. Основные заготовки затрагивают пищевые и лекарственные растения. Выявили наиболее популярные растения в каждой категории:

К наиболее популярным видам пищевых растений относится *Ribes nigrum* L. и *Urtica dioica* L., к лекарственным – *Matricaria chamomilla* L., *Rosa majalis* Herzm., к декоративным – *Quercus robur* L., к кормовым – клевер луговой *Trifolium pratense* L. Среди грибов чаще всего используются представители рода *Leccinum* Gray. Сезон сбора растений варьирует в зависимости от категории растений. Большую часть растений собирают в июле. Местные жители не осведомлены о щадящих мерах заготовке сырья и не практикуют их. В основном местные жители собирают листья или надземную часть растений, связывают в небольшие пучки и сушат, в подвешенном состоянии.

### **2. Изучение применения дикорастущих видов растений в домашнем обиходе и в декоративных целях.**

Цель – этноботанический анализ перспективных для декорирования и использования в быту дикорастущих растений. Были поставлены следующие задачи:

1. Составить флористические композиции и создать изделия ручной работы с использованием растений.

2. Составить список видов декоративных растений, используемых для оформления праздников и проведения обрядов.

3. Выявить события, к которым приурочен сбор полевых цветов в букеты.

4. Оценить перспективность использования дикорастущих растений в декоративных целях.

Было установлено, что местные жители используют дикорастущие декоративные растения для изготовления поделок, сувениров, украшений, живописи, мебели, банных принадлежностей и декорирования домов. Школьникам удалось поучаствовать в подготовке к городскому празднику Ивана Купалы (6–7 июля 2019 г.), где они узнали о необычном применении декоративных дикорастущих растений, так же обряды и легенды, связанные с ними. Были проведены мастер-классы по составлению венков, букетов и флористических композиций.

К самым популярными растениям, используемым в декоративных целях, относятся виды семейства Asteraceae Bercht. et J.Presl: *Centaurea scabiosa* L., *Achillea millefolium* L. и *Leucanthemum vulgare* Lam. 50 % жителей исследуемого региона собирают дикорастущие декоративные растения для украшения дома, 75 % – используют в декоративных целях надземные части растений. Среди собираемых растений есть виды, занесенные в «Красную книгу Республики Беларусь»: *Galanthus nivalis* L., *Convallaria majalis* L., *Campanula latifolia* L., *Anemone sylvestris* L. и *Thymus serpyllum* L. В бытовых целях используются *Betula pendula* Roth, *Q. robur*, *Corylus avellana* (L.) H. Karst, *Padus avium* Mill., виды родов *Salix* L., *Alnus* Mill. и *Rubus* L. Много декоративных растений скашивают на праздник Ивана Купалы. Местные дома культуры широко используют дикорастущие декоративные растения в связи с развитием туризма. Необходимо проводить информирование жителей о том, что недопустимо собирать растения, находящиеся на грани исчезновения. Выявлено необычное использование ядовитого растения *Heracleum sosnowskyi* Manden. в качестве сырья для изготовления шкатулок, ваз и карандашниц. В Республике Беларусь для ритуальных целей используются растения, фигурирующие в легендах и обрядах – различные папоротники и виды рода *Plantago* L.



### 3. Экономическая ценность травяного чая.

Цель – изучение дикорастущих растений, добавляемых местными жителями в чай.

Были поставлены следующие задачи:

1. Провести анкетирование и интервьюирование местных жителей на тему сбора дикорастущих лекарственных растений, используемых для приготовления чая;
2. Собрать гербарные образцы упомянутых жителями видов растений;
3. Разработать рецепты и приготовить 5 авторских чаев;
4. Рассчитать экономическую ценность одной упаковки чая (массой 50 г.).

В ходе выполнения проекта учащиеся получили мастер-класс от жителей с. Черты по изготовлению копорского чая из *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. В ходе выполнения работы было создано 5 видов авторского чая («Копорский», «Душистый», «Заряд бодрости», «Летние вечера», «Ягодный») и рассчитана экономическая ценность одной упаковки копорского чая. Учащиеся оценили стоимость 1 упаковки копорского чая приблизительно в 170 руб. Были выявлены самые популярные дикорастущие растения, добавляемые в чай: *Origanum vulgare* L., *Mentha × piperita* L., *Thymus vulgaris* L., *R. nigrum*, *Rubus idaeus* L., *Matricaria chamomilla* L. и *Hypericum perforatum* L. Установлено, что у каждого растения, добавляемого в чай существуют противопоказания. Местные жители в своих практиках не опираются на научно обоснованные показания к применению и дозировки лекарственных растений в чае.

В ходе исследований ученики всех групп получили навыки планирования и проведения этноботанического исследования: составлять анкеты, интервьюировать местных жителей, гербаризировать и идентифицировать растения с помощью определителей, обрабатывать данные методами дескриптивной статистики и иллюстрировать результаты анализа. При этом старшеклассники познакомились с базовыми терминами и принципами этноботаники. В конце смены была организована общешкольная научная конференция, где учащиеся представили свои проекты. Стендовые доклады по этноботаническим проектам учащихся заняли 1 и 2 места, что послужило поощрением исследований.

Работа проведена при поддержке Фонда президентских грантов (договор N 19-1-027499).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Колосова В.Б., Ипполитова А.Б. Этноботаника: растения в языке и культуре. СПб. : Наука, 2010. 386 с.
- Ткаченко К.Г., Лебедева Т.П. Этноботаника в современном мире // Вестник ВГУ. 2018. № 2. С. 172–175.
- Bloom B., Englehart M., Furst E., Hill W., Krathwohl D. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. New York; Toronto : Longmans, Green. 1956. 196 p.
- Martin G.J. Ethnobotany: A methods manual. London : Springer, 1995. 285 p.

## Идентификация видов и гибридов *Populus* L. по признакам петиолярной анатомии

А.В. Климов<sup>1</sup>, Б.В. Прошкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО ИнЭКА-консалтинг, Новокузнецк, Россия; [populus0709@mail.ru](mailto:populus0709@mail.ru)

<sup>2</sup> ФКОУ ВО Кузбасский институт ФСИН России, Новокузнецк Россия; [boris.vladimirovich.93@mail.ru](mailto:boris.vladimirovich.93@mail.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты изучения петиолярной анатомии видов секций *Aigeiros* и *Tacamahaca* и их гибридов. Установлено, что анатомическое строение черешков позволяет диагностировать принадлежность таксона к секции и выявлять межсекционные гибриды. Проведенные исследования петиолярной анатомии *P. ciliata* показали, что она не соответствует признакам характерным для секции *Tacamahaca*. Анализ строения черешков *P. × sibirica* подтвердил его гибридное происхождение.

**Ключевые слова:** *Populus*, петиолярная анатомия, таксоны, гибридизация, гибриды.

## Identification of species and hybrids of *Populus* L. according to the signs of petiolar anatomy

A.V. Klimov<sup>1</sup>, B.V. Proshkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> InEca-Consulting LLC, Novokuznetsk, Russia; [populus0709@mail.ru](mailto:populus0709@mail.ru)

<sup>2</sup> Kuzbass Institute of FPS of Russia, Novokuznetsk, Russia; [boris.vladimirovich.93@mail.ru](mailto:boris.vladimirovich.93@mail.ru)

**Abstract.** The results of studying the petiolar anatomy of the species of sections *Aigeiros* and *Tacamahaca* and their hybrids are presented. It has been established that the anatomical structure of the petioles makes it possible to diagnose the taxon belonging to a section and identify intersection hybrids. Studies of the petiolar anatomy of *P. ciliata* showed that it does not correspond to the characteristics characteristic of the *Tacamahaca* section. Analysis of the petiole structure of *P. × sibirica* confirmed its hybrid origin.

**Key words:** *Populus*, petiolar anatomy, taxa, hybridization, hybrids.

Естественная гибридизация обычна в роде *Populus* и особенно широко распространена между видами секции *Aigeiros* Lunell и *Tacamahaca* Mill. Она наблюдается в зонах контакта ареалов таксонов и слабо ограничена предзиготическими барьерами. Генетический состав гибридных зон определяется естественным отбором и среди гибридного потомства часто преобладают особи F<sub>1</sub>. Гибриды последующих поколений и беккроссы не всегда выбраковываются отбором и могут относительно широко встречаться в популяциях. В настоящее время наряду с естественной, значительное распространение получила и антропогенная гибридизация, протекающая между культурными и аборигенными видами. В Сибири значительное использование культиваров гибридного происхождения, в первую очередь *P. × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov приводит к их контакту с популяциями местных видов, обеспечивая тем самым возможности проникновения экзотических генов в природные генофонды, что представляет угрозу для их сохранения. Кроме того повышенная инвазионная активность гибридов может способствовать их внедрению в коренные и не только пойменные растительные сообщества. Все это требует разработки надежных методов идентификации гибридных растений (Proshkin, Klimov, 2019).

Перспективным методом диагностики и идентификации таксономической принадлежности растений является петиолярная анатомия. Ее признаки позволили авторам надежно идентифицировать *P. nigra* L. (секция *Aigeiros*), *P. laurifolia* Ledeb. (секция *Tacamahaca*) и их естественный гибридный таксон *P. × irtyschensis*<sup>1</sup> Chang Y. Yang в бассейне реки Томи (Klimov, Proshkin, 2019).

Целью настоящего исследования являлось изучение анатомического строения черешков видов секции *Aigeiros* и *Tacamahaca* и их гибридов для оценки возможностей применения в идентификации таксонов.

Объектами изучения послужили следующие таксоны секция *Aigeiros*: *P. nigra* L. и *P. deltoides* Marshall.; секция *Tacamahaca*: *P. balsamifera* L., *P. trichocarpa* Torrey & A. Gray, *P. laurifolia* Ledeb., *P. suaveolens* Fisch., *P. macrocarpa* (Schenk) N. Pavl. et Lipsch., *P. simonii* Carriere и *P. ciliata* Wall. ex Royle. Исследовались естественные и полученные в культуре гибриды и гибридные таксоны: *P. × moskoviensis* Schroeder (*P. laurifolia* × *P. suaveolens*), *P. × canadensis* Moench (*P. nigra* × *P. deltoides*), Гибрид № 14 (*P. laurifolia* × *P. nigra* var. *italica*, селекция В.Т. Бакулина), *P. × irtyschensis*, *P. ×*

<sup>1</sup> По совместному с И.И. Гуреевой ходатайству, при содействии И.В. Беляевой (Кью, Великобритания) в онлайн базе «International Plant Name Index» (IPNI) (<https://www.ipni.org/>) написание названия *Populus × jrtyschensis*, использованное автором нотовида при описании, исправлено на орфографически более правильное написание *Populus × irtyschensis*.

*leningradensis* P. Bogdan. (*P. × canadensis* × *P. suaveolens*, селекция П.Л. Богданова) и *P. × sibirica*. Последний, долгое время отождествлялся с *P. balsamifera* L. В настоящее время *P. × sibirica* рассматривают, как полигибрид и предложено несколько вариантов его возникновения (Костина и др., 2018). При анализе срезов определяли форму поперечного сечения черешка, контуры его адаксиальной и абаксиальной сторон, форму колец закрытых коллатеральных пучков, форму проводящей системы.

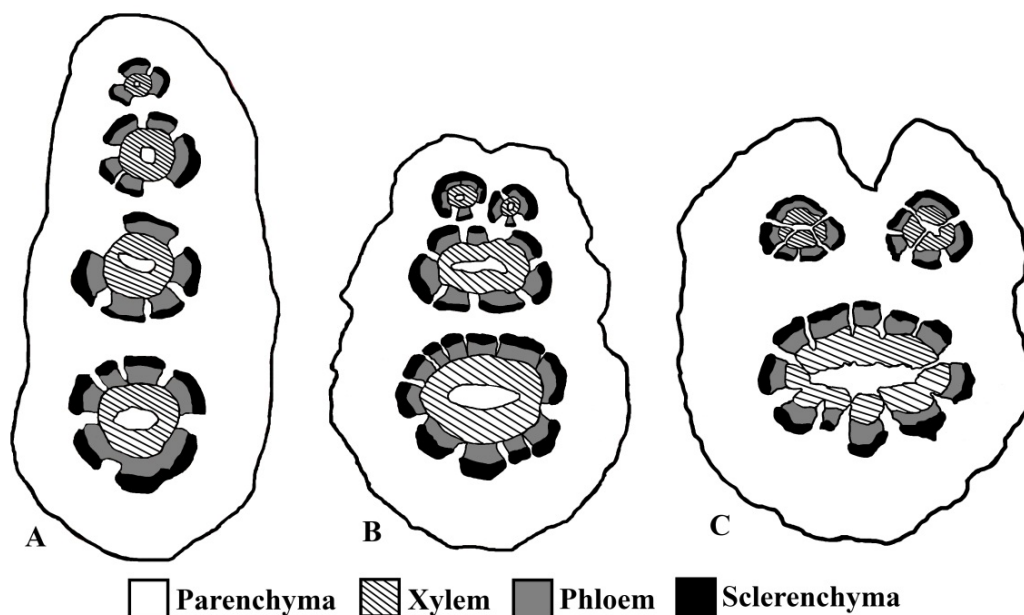


Рис. 1. Формы проводящей системы: А – таксоны секции *Aigeiros* (линейная); В – гибридов (промежуточная); С – таксоны секции *Tacamahaca* (аркообразная)

Проведенные исследования показали, что анатомическое строение черешков в роде *Populus* позволяет диагностировать принадлежность таксона к секции, что актуально при исследовании зон естественной и антропогенной гибридизации. Для всех представителей секции *Aigeiros* характерна линейная форма проводящей системы из 3–5 округлых колец и округлый контур адаксиальной стороны (рис. 1, А). У таксонов секции *Tacamahaca* она аркообразная, а контур адаксиальной стороны сердцевидный (рис. 1, С). Исключение наблюдалось при изучении петиолярной анатомии *P. ciliata* (рис. 2).

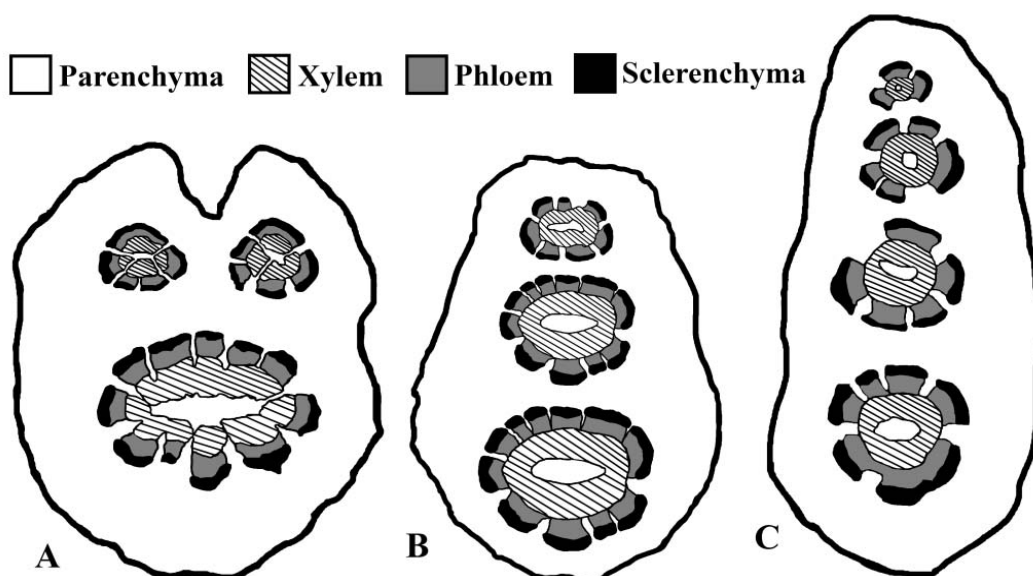


Рис. 2. Формы проводящих систем: А – таксоны секции *Tacamahaca* (аркообразная), В – *P. ciliata* (линейная), С – таксоны секции *Aigeiros* (линейная)

Систематическое положение *P. ciliata* в настоящее время остается спорным. Ряд исследователей относят его к секции *Tacamahaca* – бальзамические тополи (Eckenwalder, 1996; Isebrands, Richardson, 2014). В тоже время, особенно в отечественной литературе его нередко относят к секции *Leucoides*

Sprach – крупнолистные тополи. Поскольку от *Tacamahaca* он отличается отсутствием розеточных побегов (дискобластов) и малой смолистостью почек (Скворцов, 2008).

К сожалению, данных о петиолярной анатомии представителей секции *Leucooides*, обнаружить в литературе авторам не удалось. Однако сравнение полученных срезов *P. ciliata* с представителями секции *Tacamahaca*, свидетельствуют о том, что исследованные растения не относятся к бальзамическим тополям (рис. 2, А). У изученных растений форма поперечного сечения черешка исключительно яйцевидная, желобок в виде небольшой выемки на срезе фиксируется только в месте его перехода в листовую пластинку. Ниже черешок повернут и абаксиальная сторона округлая. Проводящая система изученных особей *P. ciliata* 3 ярусная (рис. 2, В), вертикально линейная, образованная эллиптическими кольцами проводящих пучков. Линейная форма характерна также для представителей секции *Aigeiros*, но у последних она состоит из исключительно округлых колец проводящих пучков (рис. 2, С).

Изучение гибридов между видами одной секции: *P. × moskoviensis* и *P. × canadensis* показало, что они полностью наследуют специфику строения характерную для группы, что позволяет идентифицировать их от межсекционных. Наиболее важными анатомическими признаками, маркирующими межсекционные гибриды, следует считать: форму поперечного сечения черешка в верхней части, контур абаксиальной стороны и форму проводящей системы (рис. 1, В). По форме поперечного сечения гибриды близки к видам *Aigeiros*, что связано с уплощенностью их черешка в верхней части. Форма проводящей системы гибридов, наиболее наглядный качественный признак для их идентификации. Как показали исследования признаков петиолярной анатомии у *P. × jrtyschensis* в бассейне р. Томи у большинства гибридов проводящая система промежуточная (73,0 % от общей выборки) (Klimov, Proshkin, 2019). Вероятно, растения с промежуточной формой проводящей системы можно рассматривать в большей части как гибриды F<sub>1</sub>. Это, в частности, подтверждается исследованием петиолярной анатомии гибридов первого поколения полученных в культуре между видами секций *Aigeiros* и *Tacamahaca*: *P. × leningradensis* и Гибрида № 14. У исследованных культиваров данного гибридного поколения также наблюдалась промежуточная проводящая система (рис. 1, В).

Анализ анатомического строения черешков *P. × sibirica* показал, что у всех исследованных растений наблюдалась промежуточная проводящая система (рис. 1, В), это подтверждает данные ряда авторов о том что, это гибридный культивар, возникший в результате скрещивания видов секций *Aigeiros* и *Tacamahaca*. Поскольку данный тип проводящей системы характерен преимущественно для гибридов F<sub>1</sub>, можно полагать, что *P. × sibirica* возник от скрещивания гибридного растения видов секции *Tacamahaca* (*P. laurifolia* × *P. suaveolens* или *P. laurifolia* × *P. balsamifera*) с *P. nigra*.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Костина М.В., Васильева Н.В., Насимович Ю.А. Природные и культивируемые тополя Иркутской области и Бурятии // Социально-экологические технологии. 2018. № 3. С. 9–21.
- Скворцов А.К. Тополь (*Populus* L., *Salicaceae*) индийских Гималаев // Новости систематики высших растений. 2008. Т. 40. С. 52–67.
- Eckenwalder J.E. Systematics and evolution in *Populus*: Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Canada, 1996. № 1. P. 7–32.
- Isebrands J.G., Richardson J. Poplars and willows: trees for society and the environment. Italy, 2014. P. 30–39.
- Klimov A.V., Proshkin B.V. Identification of *Populus nigra*, *P. laurifolia* and *P. × jrtyschensis* by leaf petiole anatomy // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2019. Iss. 6. P. 89–99.
- Proshkin B.V., Klimov A.V. Using petiole anatomy to identify hybrids between and species of *Populus* sections *Aigeiros* and *Tacamahaca* // Turczaninowia. 2019. Vol. 22, Iss. 3. P. 80–90.

## Динамика лугово-болотной растительности в результате затопления прибрежной зоны соленого озера Куринка (Койбальская степь, Хакасия)

Н.А. Кононова<sup>1</sup>, Т.М. Зоркина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биофизики СО РАН, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия; [nata\\_slyusar@mail.ru](mailto:nata_slyusar@mail.ru)

<sup>2</sup> Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия; [tm\\_zorkina@mail.ru](mailto:tm_zorkina@mail.ru)

**Аннотация.** В работе представлены результаты многолетних исследований структурно-функциональной организации растительного покрова прибрежной зоны соленого озера Куринка (Койбальская степь, Хакасия). Показано, что структура прибрежной растительности претерпевает значительные изменения в связи с аномальными погодными условиями года. В результате длительной засухи и уменьшения площади зеркала озера произошло выпадение доминанта *Phragmites australis* с береговой зоны, на его месте сформировалось моновидовое сообщество *Bolboschoenus maritimus*. При установлении благоприятных погодных условий в последующие годы отмечено восстановление устойчивого типичного сообщества.

**Ключевые слова:** соленое озеро, структура растительности, галофиты, продуктивность.

## Dynamics of meadow-bog vegetation because of flooding of the coastal zone of the salt lake Kurinka (Koybalskay steppe, Khakasia)

N.A. Kononova<sup>1</sup>, T.M. Zorkina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Biophysics SB RAS, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia; [nata\\_slyusar@mail.ru](mailto:nata_slyusar@mail.ru)

<sup>2</sup> Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia; [tm\\_zorkina@mail.ru](mailto:tm_zorkina@mail.ru)

**Abstract.** The paper presents the results of long-term studies of the structural and functional organization of the vegetation of the coastal zone of the salt lake Kurinka (Koybalskay steppe, Khakasia). It is shown that the structure of coastal vegetation changes due to abnormal weather conditions of the year. As a result of a prolonged drought and a decrease in the area of the lake surface, the dominant *Phragmites australis* fell out from the coastal zone, and community *Bolboschoenus maritimus* was formed. The restoration of a stable typical community was noted, when a favorable weather conditions in subsequent years were established.

**Key words:** salt lake, vegetation structure, halophytes, productivity.

Береговая зона водоемов является нестабильным местообитанием для растений. Площадь и размер бессточных озер напрямую зависит от количества осадков в течение года. Обильное снеготаяние, дожди и периоды засухи приводят к значительным колебаниям уровня воды. Кратковременное колебание береговой линии в течение одного вегетационного сезона не приводит к видимым изменениям растительности, однако продолжительные погодные аномалии могут способствовать формированию нетипичных растительных сообществ. В условиях побережья соленых озер дополнительным фактором, влияющим на растительный покров, является высокая концентрация легкорастворимых солей в почве и в озерной воде (Sanderson, 2000). Данный фактор существенно ограничивает возможность произрастания растений. Исключение составляют растения-галофиты – это экологически, физиологически и биохимически специализированные растения, способные нормально функционировать и продуцировать в условиях засоленной среды.

Объектом настоящего исследования является растительность галофитных лугов, приуроченная к северо-западному побережью озера Куринка Алтайского района Республики Хакасия (53°26'25" с.ш.; 91°35'42" в.д. – 53°24'43" с.ш.; 91°35'46" в.д.). По составу озерная вода слабощелочная, хлоридно-сульфатная натриевая, в ней в небольшом объеме присутствуют карбонаты. Общая минерализация высокая, изменяется по площади и глубине от 72 до 108 г/л. Северо-западное побережье характеризуется равнинным характером рельефа (Слюсарь, 2010), для которого характерна последовательная смена растительных сообществ по мере удаления от зеркала озера.

Исследования проводились в период с 2015 по 2019 гг. маршрутными и стационарными методами. Латинские название видов приведены по сводке С.К. Черепанова (1995). Режим увлажнения года определялся по классификации И.Г. Грингофа (1967), согласно которой засушливым является год, когда количество выпавших осадков меньше 80 % от средней многолетней нормы данной местности. Влажным является год, когда количество осадков превышает 120 % от нормы. Метеоданные приведены со станции «Хакасская». Для определения величины сухой надземной фитомассы были взяты укусы с 1 м<sup>2</sup> (1×1 м) в четырёхкратной повторности. Для учёта количества общей сухой массы пробы (укусы) просушивали до воздушно-сухого состояния, после чего было проведено повторное взвешивание

(Зоркина, 2003). Все полученные результаты пересчитывались в г/м<sup>2</sup>. Полученные данные обработаны статистически с использованием пакета MS Excel 2013. Данные о фитомассе представлены средним арифметическим с доверительным интервалом.

Северо-западное побережье озера Куринка характеризуется незначительными колебаниями высоты поверхности (урез воды на уровне 290 м абс. высоты), поэтому распределение растительности зависит в первую очередь от уровня подтока грунтовых вод. В периоды, когда годовая сумма осадков находится в пределах средней многолетней нормы и колебания уровня озера незначительны, прибрежная зона занята лугово-болотной солончаковой растительностью с доминирующими мезогигрофитами. Берег озера обычно занят тростниковым сообществом с доминантом *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex. Steud. (проективное покрытие (ПП) до 80 %). Почвы тяжелосуглинистые лугово-болотные засоленные со степенью засоления 0,35–0,60 %. *P. australis* по мере удаления от зеркала озера постепенно сокращает долю участия и на смену приходит осоково-разнотравный фитоценоз. Осоково-разнотравный фитоценоз расположен на лугово-болотной почве со степенью засоления 0,39–0,95 %. Доминантами являются *Carex enervis* С.А. Меу., а также разнотравье: *Triglochin maritimum* L., *Tripolium vulgare* Nees., *Halerpestes salsuginosa* (Pall. ex Georgi) Greene, *Glaux maritima* L., *Taraxacum bessarabicum* (Hornem.) Hand.-Mazz. Из злаков присутствует *Puccinellia tenuissima* Litv. ex V. Krecz. (ПП до 5 %) и *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link.

В 2015 г., характеризующимся крайне засушливыми условиями (сумма осадков за год составила 78,8 % от средней многолетней нормы), размеры озера заметно уменьшились, и урез воды отступил на 10 м относительного уровня предыдущих лет. В процессе зарастания береговой зоны в последующие годы отмечалось изменение видового состава, структуры и продуктивности формирующегося растительного покрова (таблица).

**Структура и продуктивность растительности береговой зоны озера Куринка с учетом режима увлажнения (2015–2019 гг.)**

Год	Режим увлажнения	Виды растений	Проективное покрытие, %	Надземная фитомасса, г/м <sup>2</sup>
2015	Засушливый	<i>Phragmites australis</i>	10	41,9±9,8
		<i>Puccinellia tenuissima</i>	5	6,5±1,5
2016	Влажный	<i>Phragmites australis</i>	25	221,3±12,3
		<i>Tripolium vulgare</i>	15	4,8±1,4
		<i>Bolboschoenus maritimus</i>	45	81,7±7,8
2017	Влажный	<i>Phragmites australis</i>	50	212,0±11,1
		<i>Bolboschoenus maritimus</i>	20	41,9±9,2
		<i>Triglochin maritimum</i>	10	3,5±0,9
2018	Влажный	<i>Phragmites australis</i>	50	376,6±14,2
		<i>Triglochin maritimum</i>	30	181,2±11,2
		<i>Bolboschoenus maritimus</i>	2	6,1±1,7
2019	Влажный	<i>Phragmites australis</i>	40	124,5±10,4
		<i>Triglochin maritimum</i>	30	155,5±13,2
		<i>Halerpestes salsuginosa</i>	10	32,5±8,7

Аномальная засуха 2015 г. существенно изменила видовой состав и структуру растительного покрова прибрежной зоны. В течение всего вегетационного сезона береговая линия представляла собой зону без растительности с отдельными особями *Puccinellia tenuissima* и *Phragmites australis* с суммарным проективным покрытием, не превышающим 15 %. В следующем году (2016 г.), который также являлся аномальным по количеству выпавших осадков (сумма превысила норму на 130 %), отмечалось интенсивное зарастание берега *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla. Следует отметить, что клубнекамыш морской в предыдущие годы исследований (2004–2014 гг.) отсутствовал, либо встречался единично, не выдерживая, вероятно, конкуренцию с тростником. Данное положение подтверждается наблюдением за дальнейшей динамикой зарастания берега. В 2017 и 2018 гг. участие клубнекамыша заметно снижается с 45 % до 20 % и 2 % ПП, соответственно. Начиная с 2017 года наблюдается восстановление типичных для данной местности растительных сообществ с преобладанием *Phragmites australis* и доминанта осоково-разнотравного фитоценоза галофита *Triglochin maritimum*.

В 2019 г/ в вегетационный сезон был зафиксирован существенный подъем уровня озера, что привело к затоплению прибрежных сообществ. Несмотря на высокое проективное покрытие, величина сухой надземной фитомассы доминантов вследствие затопления снизилась более, чем в 2 раза.

Проведенные исследования показывают, что аномальные погодные условия могут существенным образом повлиять на видовой состав, структуру и продуктивность прибрежных растительных сообществ. Сильная засуха, приведшая к значительному уменьшению уровня воды в озере, привела к

обнажению береговой линии и ее постепенному зарастанию влаголюбивыми солеустойчивыми видами галофитами. Отсутствие конкуренции со стороны ранее доминировавших видов способствовало внедрению видов, которые в предыдущие годы отсутствовали, либо проявлялись единично. Изучение флуктуаций структуры растительных сообществ прибрежной зоны соленых озер в связи с краткосрочными аномальными изменениями природно-климатических факторов позволит спрогнозировать характер и направление сукцессионных процессов, которые могут возникнуть вследствие длительных глобальных климатических явлений.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований: проект № 16-34-00402 «Оценка современного состояния растительности прибрежной зоны солёного озера Курунка (Хакасия) как перспективного памятника природы республиканского значения».*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Грингоф И.Г. Пастбищные растения Кызылкума и погода // Труды САНИГМИ. 1967. № 34 (49). С. 32–40.
- Зоркина Т.М. Фитоценология: учебно-метод. пособие. Абакан : Изд-во Хакасского гос. ун-та им. Н.Ф. Катанова, 2003. 48 с.
- Слюсарь Н.А., Печуркин Н.С., Зоркина Т.М. Особенности накопления надземной фитомассы растительности галофитных лугов в условиях разной степени засоления почв // Доклады академии наук. 2010. Т. 432, № 1, С. 138–141.
- Sanderson E.W., Ustin S.L., Foin T.C. 2000. The influence of tidal channels on salt marsh vegetation // Plant Ecol. 2000. Vol. 146. P. 29–41.

## Содержание фенолкарбоновых кислот и флавоноидов в листьях и соцветиях *Spiraea salicifolia* L. (Rosaceae)

В.А. Костикова<sup>1,2</sup>, Т.Н. Веклич<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия; serebryakova-va@yandex.ru

<sup>2</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия

<sup>3</sup> Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, Благовещенск, Россия; tbliznjuk@mail.ru

**Аннотация.** Исследовано содержание флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в листьях и соцветиях *Spiraea salicifolia* L., произрастающей на территории Сибири и Дальнего Востока России. Выявлено, что концентрация фенолкарбоновых кислот в листьях (3,59–7,69 %) выше, чем в соцветиях (2,24–5,52 %) вне зависимости от мест произрастания растений. Распределение флавоноидов между листьями и соцветиями *S. salicifolia* в разных популяциях неоднозначно. В растениях одних популяций их содержание выше в листьях, в других – в соцветиях. Концентрация флавоноидов в листьях колеблется от 1,27 % до 5,48 %, в соцветиях – от 2,34 % до 6,26 %. Наибольшее содержание флавоноидов и фенолкарбоновых кислот обнаружено в растениях из Амурской обл., Республики Якутия, Республики Бурятия и Приморского края. Образцы *S. salicifolia* из Иркутской, Магаданской и Сахалинской областей, а также Хабаровского края не отличаются высокими показателями исследуемых веществ.

**Ключевые слова:** *Spiraea salicifolia*, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, листья, соцветия.

## Content of flavonoids and phenolcarboxylic acids in leaves and inflorescences of *Spiraea salicifolia* L. (Rosaceae)

V.A. Kostikova<sup>1,2</sup>, T.N. Veklich<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk, Russia; serebryakova-va@yandex.ru

<sup>2</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia

<sup>3</sup> Amur Branch of Botanical Garden-Institute, FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia; tbliznjuk@mail.ru

**Abstract.** Comparative analysis of the content of the main groups of phenolic compounds (flavonoids and phenolic acids) was performed for the overground part of *Spiraea salicifolia* L. from natural habitats in Siberia and the Russian Far East. Populations of plants with the highest content of phenolic compounds were determined to reveal the potential of their use. It was found that the content of phenolcarboxylic acids in leaves (3,59–7,69 %) is higher than that in inflorescences (2,24–5,52 %), regardless of habitat. The distribution of flavonoids between leaves and inflorescences of *S. salicifolia* is ambiguous. The content of flavonoids ranges from 1,27 % to 5,48 % in leaves, and from 2,34 % to 6,26 % in inflorescences. The highest content of flavonoids and phenolcarboxylic acids was found in plants from Amur region, the Republic of Yakutia, the Republic of Buryatia and the Primorsky Territory. The content of the investigated substances is not high in samples of *S. salicifolia* from Irkutsk region, Sakhalin region, Khabarovsk region and Magadan region.

**Key words:** *Spiraea salicifolia*, flavonoids, phenolcarboxylic acids, leaves, inflorescences.

*Spiraea salicifolia* L. (спирея иволистная) – кустарник до 2 м высотой с прямыми светло-коричневыми побегами. Листья очерёдно расположенные, ланцетные, по краю пильчатые. Цветки розовые, собраны в плотные удлинённые метёлки, вертикально стоящие на концах ветвей. Растёт на сыроватых лесных прогалинах, кочковатых лугах, по берегам рек практически по всей территории России. Почти всегда образует заросли (Якубов, 1996).

В органах *S. salicifolia* обнаружены фенолкарбоновые кислоты и их производные, флавоноиды, дубильные вещества, кумарины, лигнаны, терпеноиды (Растительные..., 1987, Серебрякова и др., 2010, Olennikov, Kashchenko, 2017, Sun et al., 2019). В связи с наличием в *S. salicifolia* разнообразных биологически активных соединений она широко применяется в народной медицине. Корни, кора, листья используются в тибетской медицине при желудочно-кишечных заболеваниях, ревматизме, гельминтозах, гинекологических заболеваниях, ветви – в Восточной Сибири при диарее, листья – в монгольской медицине при укусах змей. Обнаружена антибактериальная активность ветвей (Растительные..., 1987). Экстракты из *S. salicifolia* ингибируют  $\lambda$ -глюкозидазу (Кашенко и др., 2017). Из побегов *S. salicifolia* разработан способ получения экстракта сухого, обладающего противовоспалительной, мочегонной и антиоксидантной активностью (Мирович и др., 2015).

Цель настоящей работы – сравнительное изучение содержания основных групп фенольных соединений в растениях *S. salicifolia*, собранных в природных ценопопуляциях Азиатской России.

Содержание флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в листьях растений спиреи иволистной определяли на материале, собранном в июне – августе 2009 – 2019 гг. в двадцати четырёх природных ценопопуляциях на территории Иркутской обл. (Иркутский р-н), Респ. Бурятия (Кабанский р-н), Забайкальского кр. (Карымский, Тунгокоченский и Калгинский р-ны), Респ. Якутии (Нерюнгринский,



Тункинский, Алданский р-ны, Мегино-Кангаласский улус), Амурской обл. (Тындинский, Благовещенский, Бурейский, Сковородинский, Магдагачинский, Селемджинский и Зейский р-ны), Магаданской обл. (Ольский р-н), Хабаровского кр. (Тугуро-Чумиканский р-н), Приморского кр. (Спасский, Кировский и Уссурийский р-ны), Сахалинской обл. (Городской округ «г. Южно-Сахалинск», Южно-Курильский р-н).

Общее содержание фенолкарбоновых кислот определяли спектрофотометрическим методом при длине волны 490 нм, используя реактив Арнова (Gawron-Gzella et al., 2012). Результаты выражали в эквивалентах кофейной кислоты ( $\geq 99\%$ , «Sigma»). Количественное определение флавоноидов проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 415 нм, используя реакцию комплексообразования флавоноидов с хлоридом алюминия (Brighente et al., 2007). Общее содержание флавоноидов выражали в эквивалентах рутина ( $\geq 99\%$ , «Chemapol»).

Данные о содержании фенольных соединений в листьях растений рода *Spiraea* свидетельствуют о том, что концентрация фенолкарбоновых кислот в листьях (3,59–7,69 %) в 1,1–3,3 раза выше, чем в соцветиях (2,24–5,52 %) (рис. 1А). Наибольшее содержание фенольных кислот ( $> 7\%$ ) в листьях спиреи иволистной выявлено в популяциях из Респ. Бурятия (Кабанский р-н), Приморского кр. (Кировский р-н), Респ. Якутия (Нерюнгринский р-н) и Амурской обл. (Сковородинский и Селемджинский р-ны). Для листьев растений из Респ. Якутия (от 3,91 % до 7,15 %) и Амурской обл. (от 4,95 % до 7,59 %) характерна наибольшая амплитуда изменчивости фенолкарбоновых кислот.

Наибольшая концентрация фенолкарбоновых кислот ( $>4\%$ ) в соцветиях спиреи обнаружена в растениях из Амурской обл. (Благовещенский р-н), Приморского края (Спасский р-н), Респ. Якутия (Нерюнгринский р-н), Респ. Бурятия (Тункинский р-н) и Хабаровского края (Тугуро-Чумиканский р-н) (рис. 1Б). В соцветиях растений из Респ. Якутия (от 2,71 % до 4,88 %), Амурской обл. (от 2,60 % до 5,52 %) и Приморского кр. (от 2,24 % до 5,32 %) выявлена и наибольшая амплитуда колебания концентрации фенолкарбоновых кислот. В образцах *S. salicifolia* из Иркутской, Магаданской, Сахалинской обл. и Забайкальского кр. содержание фенольных кислот в листьях и соцветиях существенно ниже.

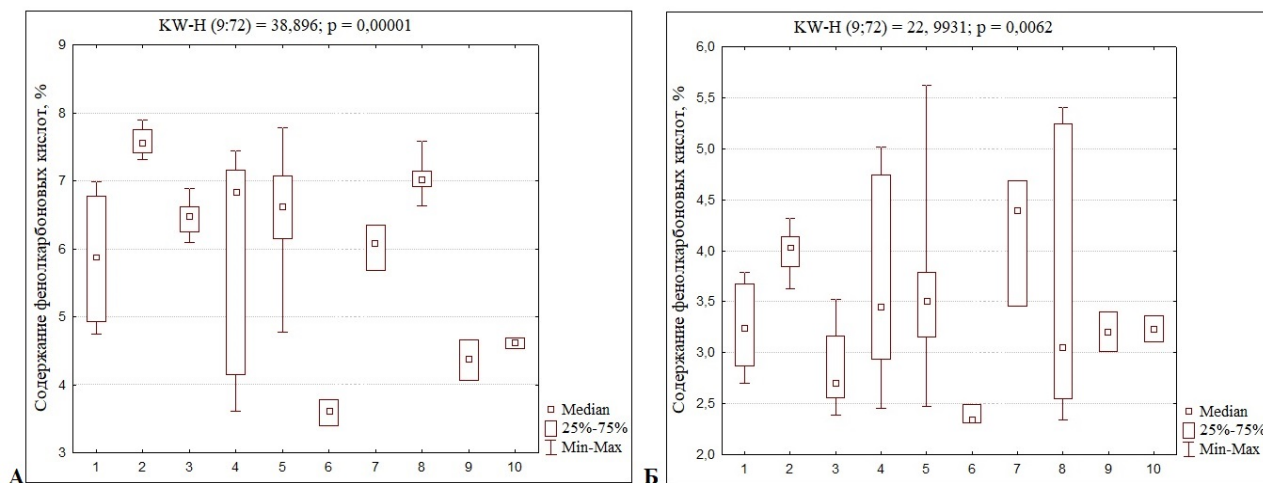


Рис. 1. Содержание суммы фенолкарбоновых кислот в листьях (А) и соцветиях (Б) *S. salicifolia*  
 Условные обозначения: 1 – Иркутская обл.; 2 – Респ. Бурятия; 3 – Забайкальский кр.; 4 – Респ. Якутия; 5 – Амурская обл.;  
 6 – Магаданская обл.; 7 – Хабаровский кр.; 8 – Приморский кр.; 9 – О-в Шикотан; 10 – о-в Сахалин

Анализ содержания флавоноидов в органах *S. salicifolia* показал, что их распределение между листьями и соцветиями *S. salicifolia* в разных популяциях неоднозначно. В растениях одних популяций их содержание выше в листьях, в других – в соцветиях. Содержание флавоноидов в листьях колеблется от 1,27 % до 5,48 %, в соцветиях – от 2,34 % до 6,26 %.

Наибольшая концентрация флавоноидов ( $>4\%$ ) в листьях выявлена в растениях из Респ. Якутия (Нерюнгринский и Алданский р-ны), Забайкальского кр. (Тунгокоченский и Карымский р-ны), Респ. Бурятия (Тункинский и Кабанский р-ны), Амурской обл. (Благовещенский, Сковородинский и Селемджинский р-ны), Хабаровского кр. (Тугуро-Чумиканский р-н) и Приморского кр. (Спасский и Кировский р-ны) (рис. 2А). Растения из остальных регионов содержат менее 4 % флавоноидов в листьях. Наибольшей амплитудой колебания флавоноидов в листьях отличаются растения *S. salicifolia* из Респ. Якутия (от 1,27 % до 5,48 %).

В соцветиях максимумы содержания флавоноидов (>5 %) отмечены в растениях, произрастающих в Респ. Якутия (Алданский р-н), Респ. Бурятия (Тункинский и Кабанский р-ны), Амурской обл. (Магдагачинский р-н), Приморском кр. (Спасский р-н), Иркутской обл. (Иркутский р-н) и Забайкальском кр. (Тунгокоченский р-н) (рис. 2Б). Невысокое содержание флавоноидов в листьях и соцветиях, также как и фенолкарбоновых кислот, выявлено в популяциях спиреи из Магаданской и Сахалинской обл. Наибольшей амплитудой изменчивости флавоноидов в соцветиях выделяются растения из Амурской обл. (от 2,34 % до 5,67 %) и Приморского кр. (от 2,46 % до 6,01 %).

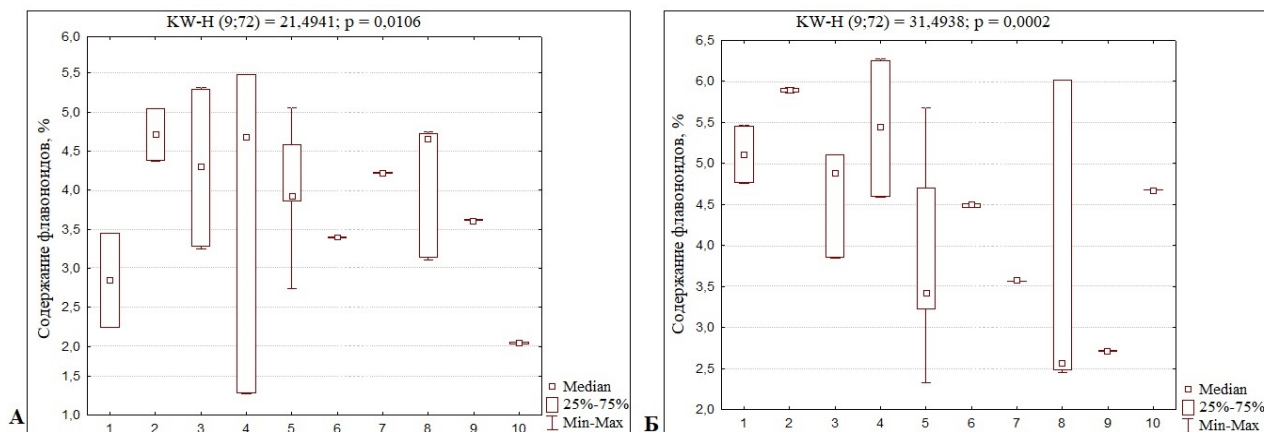


Рис. 2. Содержание флавоноидов в листьях (А) и соцветиях (Б) *S. salicifolia*

По оси абсцисс – номера популяций, по оси ординат – содержание фенольных соединений, %. Условные обозначения: 1 – Иркутская обл.; 2 – Респ. Бурятия; 3 – Забайкальский кр.; 4 – Респ. Якутия; 5 – Амурская обл.; 6 – Магаданская обл.; 7 – Хабаровский кр.; 8 – Приморский кр.; 9 – о-в Шикотан; 10 – о-в Сахалин

Таким образом, выявлены популяции *S. salicifolia* с наибольшим содержанием основных групп фенольных соединений с целью их дальнейшего использования. Содержание флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в листьях и соцветиях выше в растениях из Амурской обл., Респ. Якутия, Респ. Бурятия и Приморского кр. Растения из Иркутской, Сахалинской и Магаданской обл., а также Хабаровского кр. не отличаются высокими показателями исследуемых веществ.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН (проект № АААА-А17-117012610051-5), Программы повышения конкурентоспособности ТГУ (проект № 8.1.27.2020), а также при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых учёных – кандидатов наук (проект № МК-1045.2020.4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Кащенко Н.И., Чирикова Н.К., Оленников Д.Н. Ацилированные флавоноиды рода *Spiraea* как ингибиторы  $\alpha$ -амилазы // Химия растительного сырья, 2017. № 4. С. 81–90. <https://doi.org/10.14258/jcrpm.2017042144>
- Мирович В.М., Кривошеев И.М., Гордеева В.В., Цыренжапов, А.В. РФ патент № 2542 493. Способ получения средства, обладающего противовоспалительной, мочегонной и антиоксидантной активностью. 2015.
- Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Hydraginaceae – Haloragaceae. Л.: Наука, 1987. С. 99–101.
- Серебрякова В.А., Карпова Е.А., Высочина Г.И., Полякова Т.А. Содержание фенольных соединений в растениях *Spiraea salicifolia* L. Дальнего Востока // Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвящённой памяти Л.В. Бардунова. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2010. С. 762–765.
- Якубов В.В. Род Таволга – *Spiraea* L. // Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. СПб.: Наука, 1996. Т. 8. С. 130–136.
- Brighente I.M.C., Dias M., Verdi L.G., Pizzolatti M.G. Antioxidant activity and total phenolic content of some Brazilian species // Pharmaceutical Biology. 2007. Vol. 45, Iss. 2. P. 156–161. <https://doi.org/10.1080/13880200601113131>
- Gawron-Gzella A., Dudek-Makuch M., Matlawska I. DPPH radical scavenging activity and phenolic compound content in different leaf extracts from selected blackberry species // Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica. 2012. Vol. 54, Iss. 2. P. 32–38. <https://doi.org/10.2478/v10182-012-0017-8>
- Olennikov D.N., Kashchenko N.I. Spireasalicin, a new acylated quercetin glycoside from *Spiraea salicifolia* // Chem. Nat. Compd. 2017. Vol. 53, Iss. 6. P. 1038–1044. <https://doi.org/10.1007/s10600-017-2197-7>
- Sun S., Liu Y., Liu X., Zhang S., Wang W., Wang R., Hou Y., Wang W. Neolignan glycosides from *Spiraea salicifolia* and their inhibitory activity on pro-inflammatory cytokine interleukin-6 production in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells // Nat. Prod. Res. 2019. Vol. 33, Iss. 22. P. 3215–3222. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1468329>

## Род *Festuca* L. на территории Алтайского края

Е.А. Крючкова, Д.Д. Рыжакова, П.Д. Гудкова

Томский государственный университет, Томск, Россия

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

79831087227@yandex.ru; rzhakovadasha@yandex.ru; pdgudkova2017@yandex.ru

**Аннотация.** В работе представлен оригинальный ключ, иллюстрации, примечания о морфологии и дополнения распространения для 12 видов рода *Festuca* на территории Алтайского края. Ревизия рода и отбор материала для иллюстраций был выполнен на основе фондов, хранящихся в Гербариях ALTB, NSK, NS, TK, а также собственные сборы автора.

**Ключевые слова:** Алтайский край, *Festuca*, Poaceae, ключ.

## Genus *Festuca* L. in the Altai Territory

E.A. Kriuchkova, D.D. Ryzhakova, P.D. Gudkova

Tomsk State University, Tomsk, Russia

Altai State University, Barnaul, Russia

79831087227@yandex.ru; rzhakovadasha@yandex.ru; pdgudkova2017@yandex.ru

**Abstract.** The work presents original key, illustrations, notes on morphology and distribution extensions for 12 species of the genus *Festuca* in the Altai territory. The revision of the genus and the selection of material for illustrations was made on the basis of the herbariums ALTB, NSK, NS, TK, and the author's own collections.

**Kew words:** Altai territory, kew, *Festuca*, Poaceae.

Алтайский край расположен на юго-востоке Западной Сибири, граничит на юге и западе с Казахстаном, на севере и северо-востоке с Новосибирской и Кемеровской областями, на юго-востоке – с Республикой Алтай. Сочетание равнинных сообществ и ландшафтов предгорий Алтая обуславливает видовое многообразие растений. Так, на 2013 г. М.М. Силантьевой приведена информация о 2264 видах и гибридах, распространенных на территории Алтайского края. В рамках работы по изучению аграстофлоры Алтайского края нами была проведена ревизия одного из самых сложных родов злаков (Poaceae Bernh.) – *Festuca* L. (овсяница).

Род *Festuca* относится к семейству Poaceae, трибе *Poeae* R. Br. и встречается на всех материках, за исключением Антарктиды. Овсяница является одним из крупнейших родов злаков, в настоящее время известно от 450 до 500 видов (Clayton, Renvoize, 1986; Watson, Dalwitz, 1992; Цвелев, Пробатова, 2019). Согласно последним флористическим сводкам Алтайского края (Ломоносова, 2004; Силантьева, 2013) на его территории произрастает 12 видов рода *Festuca*, принадлежащих к 5 секциям: *Aulaxypr* Dumort., *Festuca* L., *Subulatae* (Tzvel.) E. Alexeev, *Plantynia* (Dumort.) Tzvelev, *Bovinae* (Fries ex Anderss.) Hack. (Catalan et al., 2007). Разграничение видов овсяниц осложнено малым числом признаков дискриминантов и неоднозначным мнением об их значимости, что затрудняет составление надежного ключа. Одним из важнейших признаков, упоминание которого впервые связано с именем Е. Hackel (1812), является структура поперечного среза вегетативных листьев. Еще одним важным признаком считается степень замкнутости влагалища листа вегетативного побега, правильное определение состояния которого затруднительно. В настоящее время овсяница остается одним из самых сложных родов для определения, в том числе из-за специфической терминологии, используемой для описания признаков. В связи с вышесказанным, создание ключа, учитывающего все последние систематические работы и иллюстрация ключевых состояний признаков, во многом облегчит определение видов рода *Festuca*.

Материалом для изучения рода *Festuca* послужили гербарные фонды ALTB, NSK, NS, TK, а также собственные сборы авторов. На основании изученного материала составлен ключ с учетом последних сведений о таксономической значимости признаков, а также понимания границ рода и входящих в него видов. Иллюстрации сделаны с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ800N (рис. 1, 2).

На территории Алтайского края произрастает 12 видов рода *Festuca*: *F. altissima* All., *F. arundinacea* Schreb., *F. beckeri* (Hack.) Trautv. subsp. *polesica* (Zapal.) Tzvel., *F. borissii* Reverd., *F. gigantea* (L.) Vill., *F. irtyschensis* E. Alexeev, *F. kryloviana* Reverd., *F. pratensis* Huds., *F. pseudovina* Hack. ex Wiesb., *F. rubra* L., *F. rupicola* Neuff., *F. valesiaca* Gaud. На основании морфологических признаков эти виды могут быть разделены на 2 большие группы – широколистных (4 вида) и узколистных (8 видов) овсяниц. При пересмотре гербарного материала были выявлены морфологические особенности и новые данные о распространении овсяниц. *Festuca rubra* является крайне полиморфным видом. Стабильными признаками, явно отличающими его от других овсяниц,

являются 4–6-угольная форма поперечного среза вегетативного листа и отсутствие ланцентных ушек на влагалищно-пластинчатом сочленении. Некоторые гербарные экземпляры *F. borissii* часто ошибочно идентифицируются, как *F. kryloviana*, так как в ключах вид описывается, как растение с голыми веточками метелки и листьями. Данные признаки варьируют и поэтому не являются надежными. Наиболее стабильные признаки указаны в предложенном ключе. Несмотря на то, что вид *F. irtyschensis* приведен для Алтайского края, при пересмотре гербарных фондов ALTB, NS, NSK и ТК не было найдено ни одного гербарного образца. Виды *F. pseudovina* и *F. rupicola* морфологически весьма сходны. Однако *F. rupicola* имеет большие размеры нижних цветковых чешуй, колосков и диаметра листьев, а также имеет опушение нижней цветковой чешуи на апексе и по краям. *Festuca altissima*, являясь неморальным реликтом, имеет довольно редкое распространение в крае. *F. gigantea* также является реликтом третичных широколиственных лесов, однако, этот вид распространен шире, а в ходе исследования для него найдена новая точка в Залесовском районе. Выявлены новые районы распространения для *F. valesiaca*: Завьяловский, Курьинский, Локтевский, Рубцовский, Усть-Пристанский, Третьяковский. Для *F. kryloviana* было найдено новое местонахождение в Чарышском районе.



Рис. 1. Влагалищно-пластинчатые сочленения:  
а – *F. altissima*; б – *F. arundinacea*; в – *F. gigantea*; г – *F. pratensis*. Масштабная линейка – 1 мм

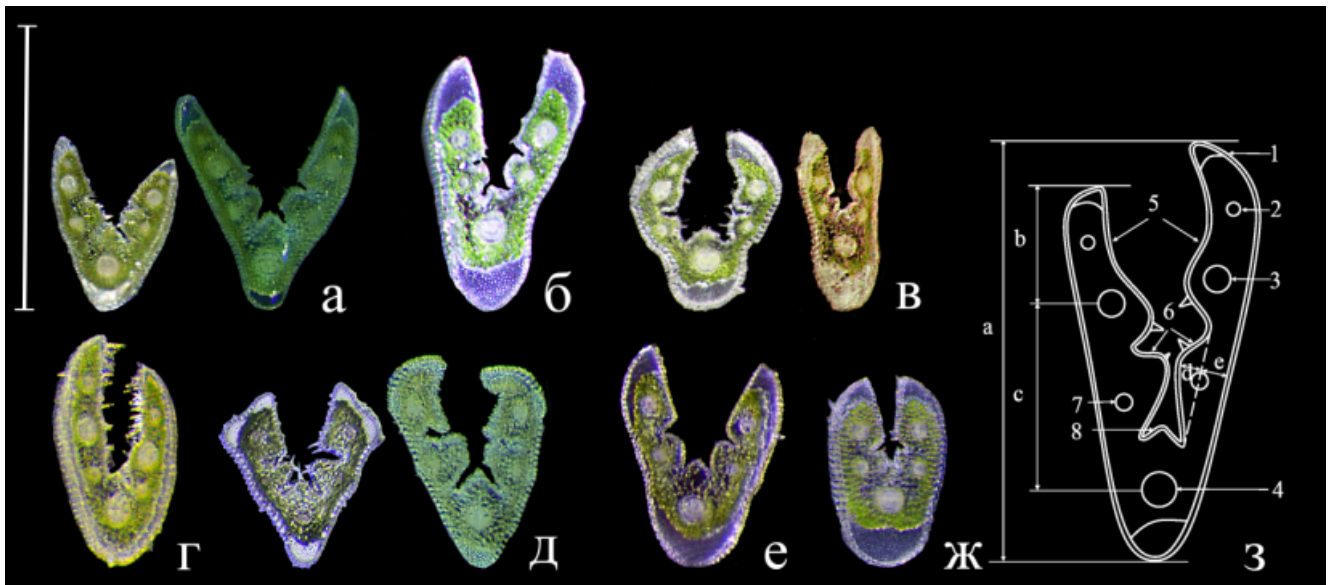


Рис. 2. Пластинки вегетативных листьев на поперечном срезе:  
а – *F. borissii*; б – *F. kryloviana*; в – *F. pseudovina*; г – *F. beckeri*; д – *F. rubra*; е – *F. rupicola*; ж – *F. valesiaca*;  
з – схема поперечного среза листовой пластинки *F. borissii*: а – диаметр листа, б/с – индекс положения пучка второй величины, д/е – высота ребра, ф – толщина ребра в средней жилке, г – диаметр пучка первой величины; 1 – краевой склеренхимный тяж, 2 – верхний проводящий пучок третьей величины, 3 – проводящий пучок второй величины, 4 – проводящий пучок первой величины, 6 – боковые ребра, 7 – нижний проводящий пучок третьей величины, 8 – среднее ребро, 9 – килевой склеренхимный тяж

Ключ для определения видов рода *Festuca*, встречающихся на территории  
на территории Алтайского края

1. Длиннокорневищные растения, не образующие дерновину. Все листья плоские, свыше 2 мм шир. .... 2
- + Плотнoderновинные растения или растения смешанного типа возобновления побегов (рыхлая дерновина).  
Листья скручены или сложены ..... 5
2. Влагалищно-пластинчатые сочленения по краям с ланцентными ушками (рис. 1, б, в, г) ..... 3
- + Влагалищно-пластинчатые сочленения по краям без ланцентных ушек (рис. 1, а) ..... *F. altissima*
3. Влагалищно-пластинчатые сочленения и ушки с ресничками (рис. 1, б) ..... *F. arundinaceae*
- + Влагалищно-пластинчатые сочленения и ушки без ресничек (рис. 1, в, г) ..... 4
4. Нижние цветковые чешуи с остью 10–18 мм дл. .... *F. gigantea*
- + Нижние цветковые чешуи безостые ..... *F. pratensis*
5. Листовые пластинки на поперечном срезе 4–6-угольные (рис. 2, д). Нижние цветковые чешуи голые, покрыты шипиками или густыми волосками ..... *F. rubra*
- + Листовые пластинки на поперечном срезе иной формы. Нижние цветковые чешуи голые или покрыты редкими шипиками ..... 6
6. На поперечном срезе листья со сплошным склеренхимным кольцом, расположенным под нижним эпидермисом (рис. 2, г) ..... 7
- + На поперечном срезе листья с отдельными тяжами склеренхимы (рис. 2, а, б, в, д, е) ..... 8
7. Склеренхимное кольцо имеет равномерную ширину. Листовые пластинки с адаксиальной стороны покрыты редкими шипиками (рис. 2, г) ..... *F. beckeri*
- + Склеренхимное кольцо утолщено напротив среднего ребра. Листовые пластинки с адаксиальной стороны покрыты часто расположенными шипиками ..... *F. irtyshensis*
8. Колоски бурые или буровато-фиолетовые ..... 9
- + Колоски зеленые или зеленовато-фиолетовые ..... 10
9. Влагалища замкнуты на 2/3–4/5. Нижние цветковые чешуи 3,5–4 мм дл., с остями 1–1,5 мм дл. Верхние пучки третьей величины, если есть, то меньше нижних (рис. 2, а) ..... *F. borissii*
- + Влагалища замкнуты меньше, чем на 2/3. Нижние цветковые чешуи 4–6 мм дл., с остями 1,7–4 мм дл. Верхние пучки третьей величины, если есть, то больше нижних (рис. 2, б) ..... *F. kryloviana*
10. Пластинки листьев зеленые ..... 11
- + Пластинки листьев и колоски покрыты сизым налетом ..... *F. valesiaca*
11. Колоски 4–6 мм дл. Нижние цветковые чешуи 2,3–4,2 мм дл. Пластинки листьев 0,3–0,75 мм диам. .... *F. pseudovina*
- + Колоски 5,5–10 мм дл. Нижние цветковые чешуи 4,5–6 мм дл. Пластинки листьев 0,4–1,1 мм диам. .... *F. rupicola*

Таким образом, для территории Алтайского края приведено 12 видов, из которых 11 подтверждены гербарными сборами, *F. irtyshensis* не найден в Гербариях и требует детального изучения на территории края. Редкими для данной территории являются *F. altissima* и *F. gigantea*, являющиеся неморальными реликтами, а также *F. irtyshensis* и *F. arundinaceae*, сборы этих видов с территории Алтайского края очень немногочисленны.

Выражаем искреннюю благодарность кураторам гербарных фондов ALTB, NS, NSK и ТК, за возможность работы с коллекциями по роду *Festuca*.

Исследование поддержано Фондом Президентских Грантов (МК-88.2020.4).

ЛИТЕРАТУРА

- Ломоносова М.Н. Род Овсяница – *Festuca* L. // Определитель растений Алтайского края. Новосибирск : Наука, 2003. С. 567–569.
- Силантьева М.М. Конспект флоры Алтайского края. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2013. 390 с.
- Цвелев Н.Н., Пробатова Н.С. Род Овсяница – *Festuca* L. // Злаки России. М : Товарищество научных изданий КМК, 2019. С. 266–297.
- Catalan P., Torrecilla P., Lopez-Rodriguez J.A., Muller J., Stace C.A. A systematic approach to subtribe *Loliinae* (Poaceae: *Pooideae*) based on phylogenetic evidence // *Aliso*. 2007. Vol. 23. P. 380–405.
- Clayton W.D., Renvoize S.A. Genera Graminum: grasses of the world // *Kew Bull.* 1986. 389 p.
- Hackel E. *Monographia Festucarum Europaeorum*, 1882. 230 p.
- Watson L., Dalwitz M.J. *The grass genera of the world*. C.A.B. International. Wallingford, 1992. 1088 p.

# A grid mapping scheme for the flora of Tyumen city: a case study for an invasive and a synanthropic plant species

I.V. Kuzmin<sup>1</sup>, A.A. Khapugin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Tyumen State University, Tyumen, Russia; ivkuzmintgu@yandex.ru

<sup>2</sup> Joint Directorate of the Mordovia State Nature Reserve and National Park «Smolny», Saransk, Russia; hapugin88@yandex.ru

**Abstract.** Biodiversity inventory is one of the widespread fields in biological studies around the world. The understanding the correct distribution of each taxon needs obtaining the complete number of species' records in the study area. In this research, we compared the completeness of reliable expert data and citizen science data obtained through iNaturalist platform for the urban area of the city Tyumen. The comparison was conducted using the grid mapping scheme developed by us for the study area with grid cell size of 1 × 1 km. As target plants, an invasive species *Heracleum sosnowskyi* and a synanthropic species *Urtica cannabina* were selected. We found that neither only expert data nor only citizen science (iNaturalist) data can reflect a reliable distribution of these species in the city Tyumen. We believe that only joint coordinated use of both citizen science data and expert data could provide the relevant and reliable data on species' distribution.

**Key words:** alien species, citizen science, expert data, *Heracleum sosnowskyi*, iNaturalist, urban flora, *Urtica cannabina*.

## Схема сеточного картографирования флоры г. Тюмени на примере инвазионного и синантропного видов растений

И.В. Кузьмин<sup>1</sup>, А.А. Хапугин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия; ivkuzmintgu@yandex.ru

<sup>2</sup> Объединенная дирекция Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича и национального парка «Смольный», Саранск, Россия; hapugin88@yandex.ru

**Аннотация.** Инвентаризация биоразнообразия является одной из широко распространенных областей биологических исследований во всем мире. Для понимания корректных данных о распространении каждого таксона необходимо получить данные обо всех находках вида на территории исследования. В настоящем исследовании мы сравнили полноту достоверных экспертных данных и данных гражданской науки, полученных с помощью платформы iNaturalist, для территории г. Тюмень. Сравнение было проведено с использованием разработанной нами схемы сеточного картографирования исследуемой территории с размером ячейки сетки 1 × 1 км. В качестве целевых растений были выбраны инвазионный вид *Heracleum sosnowskyi* и синантропный вид *Urtica cannabina*. Мы обнаружили, что ни лишь экспертные данные, ни лишь данные гражданской науки (iNaturalist) не могут отразить достоверное распространение этих видов на территории Тюмени. Мы считаем, что только совместное скоординированное использование данных гражданской науки и данных экспертов может предоставить актуальные и надежные данные о распространении видов.

**Ключевые слова:** *Heracleum sosnowskyi*, iNaturalist, *Urtica cannabina*, городская флора, гражданская наука, чужеземный вид, экспертные данные.

Biodiversity research and its inventory is one of the most widespread fields in natural sciences (e.g. Khapugin, 2020; Selwood & Zimmer, 2020). Around the world, the main way to obtain knowledge on plant diversity is documentation of records of separate taxa. Without doubts, the most reliable data are being revealed by experts-botanists during special botanical field trips in the certain study areas. Herbarium specimens are recognised as the best or even only evidence of plant presence in a certain location (e.g. James et al., 2018).

Despite this, the higher number of non-professionals-naturalists currently became one more force obtaining a large amount of field data around the world. The work of such non-professional observers is called as a «Citizen Science» (e.g. Bonney et al., 2009; Hand, 2010). One of the most widespread and popular practical methods of applying the biodiversity-based citizen science is the platform iNaturalist (iNaturalist, 2020). This source is considered as one of leading providers of open data on the global biodiversity, which used in research publications around the world (e.g. Fourcade, 2016; Spear et al., 2017; Heberling & Isaac, 2018; Ocampo-Peñuela et al., 2018), including Russia (Seregin et al., 2020). Exactly citizen science methods are most applicable in (sub)urban areas characterised by a high amount of private properties making it difficult or even impossible to survey the biodiversity using standard sampling techniques.

Earlier, we proposed a scheme of grid mapping for the whole Tyumen region (Khapugin & Kuzmin, 2020). On its basis, we developed a scheme of grid mapping of the Tyumen urban area using 1 × 1 km grid cell size (Figure 1). For this purpose, we digitised the Tyumen city boundaries using the urban area boundaries on the map stored on the official web-site of the Tyumen city administration (see <http://www.tyumen-city.ru/win/download/25848/>).

Since the study area contains anthropogenically disturbed urban area, we selected a highly harmful invasive alien plant, *Heracleum sosnowskyi* Manden., and a synanthropic archeophyte plant, *Urtica*

*cannabina* L. An additional task of the study was to compare the both completeness and overlapping expert data (herbarium collections, first author's observations) and citizen science data (observations of a Research Grade level). Both plant species are relatively well identifiable, on the basis of which we hoped to have the higher proportion of reliable data in the study area.

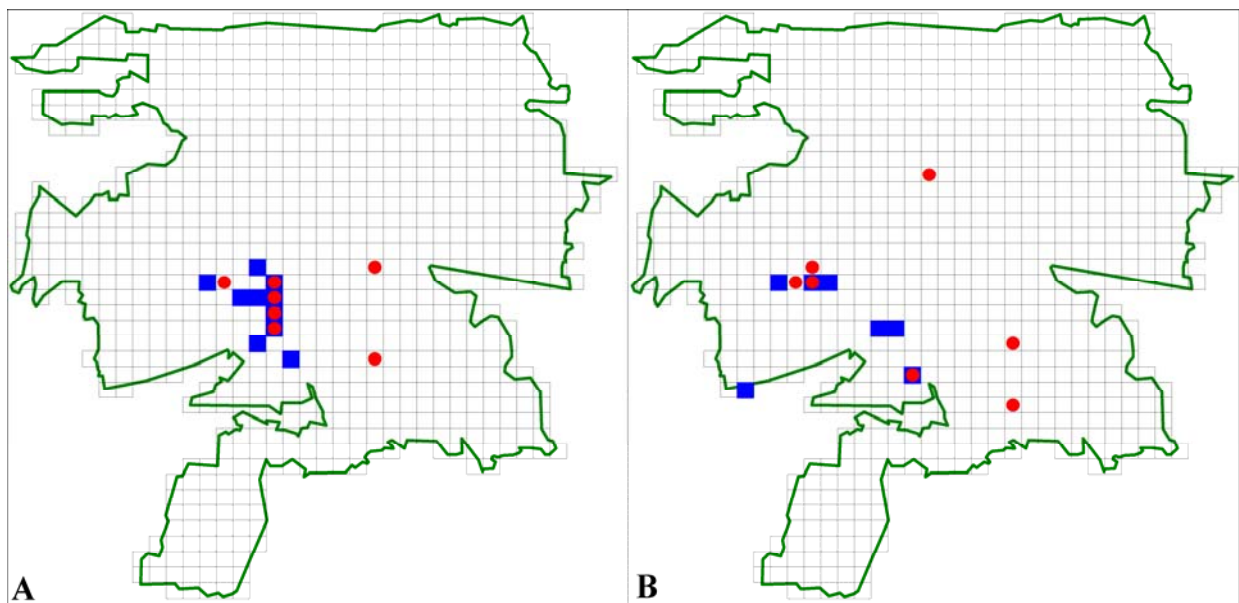


Figure 1. Distribution of *Urtica cannabina* (A) and *Heracleum sosnowskyi* (B) in the Tyumen city urban area on the basis of expert data (red dots) and iNaturalist data (blue squares) demonstrated using grid mapping method

For *Urtica cannabina*, we had expert data on 17 local populations in the city Tyumen. They were arranged into seven grid cells (Figure 1A). At the same time, by 12 August 2020, iNaturalist contained data on 17 Research Grade observations within the study area, which were then arranged into ten grid cells of the Tyumen city map. Figure 1A shows that in Tyumen, *U. cannabina* is known from 13 grid cells. We may see 4-cell overlapping of data from iNaturalist and experts.

Originally we had expert data on 15 *Heracleum sosnowskyi* populations in the city Tyumen. They were arranged into seven grid cells (Figure 1B). By 12 August 2020, iNaturalist contained data on 11 Research Grade observations in the city Tyumen, which were arranged into seven grid cells of the used mapping scheme. Therefore, there is a 2-cell overlapping of data from iNaturalist and experts. Thus, in total, *H. sosnowskyi* is distributed in 12 grid cells. We may notice that both expert and citizen science data are incomplete to reflect reliable distribution of both plant species in the city Tyumen. So, of 13 grid cells, where *Urtica cannabina* is currently known, expert data confirm species' presence in seven grid cells (53.9 %), while iNaturalist indicates its presence in ten grid cells (76.9 %). At the same time, of 12 grid cells, where *Heracleum sosnowskyi* is currently noted, expert data show its presence in seven grid cells (58.3 %), while citizen science data confirm the species' existence in seven grid cells (58.3 %).

Thus, it is well seen that both expert and citizen science data cannot separately reflect the reliable distribution of one of the most recognisable plant species in an urban area (Tyumen city). This is in partial accordance with conclusions of Spear et al. (2017) mentioned that joint coordinated partnering citizen scientists and researchers could help to solve an issue with data incompleteness in studies on biodiversity inventory. In addition, the use of iNaturalist allows to find any observation and re-check it in nature at the most relevant time.

Concerning the developed grid mapping scheme of the Tyumen city and studied plant species, we assume that the obtained distribution of both species is still far of the completeness. In future, the new records of these species are expected in both centre and periphery of the Tyumen urban area. We suggest applying the collaboration of citizen scientists, naturalists-observers and researchers in further studies of biodiversity anywhere as wider as possible.

#### REFERENCES

Bonney R., Cooper C.B., Dickinson J., Kelling S., Phillips T., Rosenberg K.V., Shirk J. Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy // *BioScience*. 2009. Vol. 59 (11). P. 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>

- Fourcade Y.* Comparing species distributions modelled from occurrence data and from expert-based range maps. Implication for predicting range shifts with climate change // *Ecological Informatics*. 2016. Vol. 36. P. 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.09.002>
- Hand E.* Citizen science: People power // *Nature*. 2010. Vol. 466 (7307). P. 685–687. <https://doi.org/10.1038/466685a>
- Heberling J.M., Isaac B.L.* iNaturalist as a tool to expand the research value of museum specimens // *Applications in Plant Sciences*. 2018. Vol. 6 (11). Article e1193. <https://doi.org/10.1002/aps3.1193>
- iNaturalist.* A community for Naturalists. 2020. Available from <https://www.inaturalist.org/>
- James S.A., Soltis P.S., Belbin L., Chapman A.D., Nelson G., Paul D.L., Collins M.* Herbarium data: Global biodiversity and societal botanical needs for novel research // *Applications in Plant Sciences*. 2018. Vol. 6. Article e1024. <https://doi.org/10.1002/aps3.1024>
- Khapugin A.A.* A global systematic review on orchid data in Protected Areas // *Nature Conservation Research*. 2020. Vol. 5 (Suppl.1). P. 19–33. <https://doi.org/10.24189/ncr.2020.019>
- Khapugin A.A., Kuzmin I.V.* Applying the grid mapping method to visualize the plant distribution: case study for protected Orchidaceae species in the Tyumen region // *Problems of botany: history and modernity. Materials of International Conference devoted to Prof. B.M. Kozo-Polyanskiy's 130's anniversary, Prof. K.F. Khmelev's 80's anniversary. Voronezh: Tsifrovaya tipografiya, 2020. P. 370–372. (In Russian).*
- Ocampo-Peñuela N., Winton R.S., Wu C.J., Zambello E., Wittig T.W., Cagle N.L.* Patterns of bird-window collisions inform mitigation on a university campus // *PeerJ*. 2016. Vol. 4. Article e1652. <https://doi.org/10.7717/peerj.1652>
- Selwood K.E., Zimmer H.C.* Refuges for biodiversity conservation: A review of the evidence // *Biological Conservation*. 2020. Vol. 245. Article 108502. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108502>
- Seregin A.P., Bochkov D.A., Shner Yu.V., Garin E.V., Mayorov S.R., Golyakov P.V., Bolshakov B.V., Prokhorov V.E., Mallaliev M.M., Vinogradov G.M., Ebel A.L., Kashirina E.S., Biryukova O.V., Kuryakova O.P., Mirvoda S.V., Khimin A.N., Murtazaliev R.A., Zelenkova V.N., Dudov S.V., Gorbunova M.S., Gerasimov S.V., Ebel A.L., Travkin V.P., Chernyagina O.A., Razina E.A., Zyryanov A.P., Tretyakova D.V., Lednev S.A., Teploukhov V.Yu., Kuzmenkin D.V., Krivosheev M.M., Popov E.S., Sultanov R.R., Basov Yu.M., Dudova K.V., Tishin D.V., Yakovlev A.A., Danilevskiy Yu.V., Pospelov I.N., Kandaurova A.N., Kutueva S.B., Yumagulov D.A., Samodurov K.V., Smirnova L.Ya., Buryi V.V., Yusupov V.E., Epikhin D.V., Repina T.G., Boginskiy E.I., Dubynin A.V., Korobkov A.V., Nesterkova D.V., Poluyanov A.V., Danilin A.V., Efremov A.N., Pozhidaeva L.V., Verkhovina A.V., Postnikov Yu.A., Linnik E.A., Kobuzeva I.A., Prokopenko S.V., Shumikhina E.A., Kushunina M.A., Kuzmin I.V., Razran L.M., Sukhova D.V., Popov A.V.* «Flora of Russia» on iNaturalist: big data on biodiversity of a big country // *Zhurnal Obshchei Biologii*. 2020. Vol. 81(3). P. 223–233. <https://doi.org/10.31857/S0044459620030070> (In Russian).
- Spear D.M., Pauly G.B., Kaiser K.* Citizen Science as a Tool for Augmenting Museum Collection Data from Urban Areas // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2017. Vol. 5. Article 86. <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00086>



## Особенности флоры Казахского мелкосопочника

А.Н. Куприянов

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кузбасский ботанический сад, Кемерово, Россия;  
Kupr\_42@yandex.ru

**Аннотация.** Представлены некоторые результаты многолетних исследований (1976-2017 гг.) флоры Казахского мелкосопочника, расположенного в зоне степи и северных пустынь Центрального Казахстана. Конспект флоры насчитывает 2105 видов высших сосудистых растений из 557 родов, относящихся к 127 семействам, выявлено 37 эндемичных видов, адвентивная фракция флоры насчитывает более 100 видов 27 видов внесены в Красную книгу Республики Казахстан.

**Ключевые слова.** Казахский мелкосопочник, флора, эндемики, адвентивные, редкие, исчезающие растения.

## Features of the flora of the Kazakh Upland

A.N. Kupriyanov

Federal center of Coal and Coal Chemistry, Kuzbass Botanical garden, at Siberian Branch of Russian Academy,  
Kemerovo, Russia; Kupr\_42@yandex.ru

**Abstract.** Some results of long-term research (1976-2017) on the flora of the Kazakh Upland, located in the zone of the steppe and northern deserts of Central Kazakhstan, are presented. The flora synopsis includes 2105 species of higher vascular plants from 557 genera belonging to 127 families, 37 endemic species have been identified, and the adventitious fraction of the flora includes more than 100 species. 27 species are included in the Red book of the Republic of Kazakhstan.

**Keywords:** Kazakh Upland, flora, endemic species, alien species, rare, endangered plants.

Конспект флоры Казахского мелкосопочника (КМ) насчитывает 2105 видов сосудистых растений, относящихся к 582 родам и 127 семействам; 2048 видов (97,3 %) относится к цветковым растениям. Среднее число видов в роде 3,5, среднее число видов в семействе – 15,9, среднее число родов в семействе 4,6, число одновидовых родов 297 (51 %), доля видов в 10 ведущих семействах 59,5 %.

Наибольшим количеством видов обладает семейство Asteraceae – 306 видов. По сравнению со степной частью Центрального Казахского мелкосопочника (Карамышева, Рачковская, 1973) увеличение составило на 111 видов. Это связано, прежде всего, с тем, что повторены многие сборы, которые считались утерянными, добавились виды из пустынной зоны КМ и заносные виды, натурализовавшиеся на изучаемой территории. Этим же обусловлено значительное увеличение видов в других ведущих семействах.

Наиболее многовидовым во флоре КМ является род *Astragalus* L. – 72 вида, это свидетельствует о тесной связи флоры с Восточным Средиземноморьем. На втором месте *Artemisia* L. (52 вида) свидетельствует о значительном влиянии пустынь Турана. Многообразие видов рода *Carex* L. (49 видов) связано с тем, что у многих видов этого рода на территории КМ проходит южная граница распространения. С другой стороны, наличие рефугиумов с мезофитной флорой в горах Каркаралы, Баянаул, на Кокчетавской возвышенности и во многих других горах КМ позволяет сохраниться многим бореальным видам. Далее в убывающем количестве следуют роды: *Potentilla* L. (38 видов), *Veronica* L. (27 видов), *Polygonum* L.+*Persicaria* Miller (25 видов) *Allium* L. и *Ranunculus* L. по (23 вида), *Stipa* L., *Poa* L., *Scorsonera* L. по (13 видов), *Taraxacum* Wigg. (11 видов).

Общие таксономические показатели флоры указывают на принадлежность флоры КМ к типичным флорам Бореальной части Голарктики. Это подтверждается обилием видов Brassicaceae с большим количеством аридных древне средиземноморских родов. Высокое место в семейственном спектре занимает Chenopodiaceae, что указывает значительное влияние на флору пустынь Турана. Флора КМ по уровню видового богатства сопоставима с флорой соседних территорий со сходными размерами, например со флорой Актюбинской области (Айпеисова, 2009), но несколько меньше флоры Казахстанского Алтая (Котухов, 2005) и Джунгарского Алатау (Голоскоков, 1984).

З.В. Карамышева и Е.И. Рачковская (1973) для степной части Казахского мелкосопочника приводили 21 вид эндемичных растений. За прошедший период этот список значительно расширился, поскольку значительно обновилась сведения о распространении растений, описаны новые виды, распространенные исключительно на территории КМ, не вошедшие во флору Казахстана. Общий список эндемичных видов КМ составляет 37 таксонов: *Achillea* × *kasakhstanica* Kupr. et Alibekov, *Anabasis pauciflora* M. Popov, *A. turgaica* Iljin & Krasch., *Arthropytum betpakdalense* Korovin et Mironov, *A. korovinii* Botsch., *Astragalus kasachstanicus* Golosk., *A. kasachstanicus* subsp. *coloratus* Knjaz., *A. rariflorus* Ledeb., *Atraphaxis teretifolia* (Popov) Kom., *Berberis karkaralensis* Kornilova et Potapov, *Betula*

*karagandiensis* V Vassil., *Clausia kasachorum* Pavlov, *C. robusta* Pachom., *Erysimum kazachstanicum* Botsch., *Gagea sarysuensis* Murzalieva, *Galatella bectauatense* Kupr. et Korolyk, *Hedysarum bectauatavicum* Bajt., *H. ulutavicum* Knjaz., *H. villosissimum* Knjaz., *Jurinea kapelkinii* O.Fedtsch., *Lepidium eremophilum* Schrenk, *L. jarmolenkoi* R. Vinogr., *Linaria bectauatense* Semiotr., *Myosotis kazakhstanica* O. D. Nikif., *Oxitropis satpaevii* Bajt., *Potentilla kasachstanica* R. Kamelin, *Ranunculus karkaralensis* Schegoleva, *Rumex komarovii* Schischk. et Serg., *Scorzonera dianthoides* (Lipsch. et Krasch.) Lipsch., *Silene karkaralensis* A. Dm. et M. Pop., *Tanacetum scopulorum* (Krasch.) Tzvel., *T. ulutavicum* Tzvel., *Thymus crebrifolius* Klokov, *Th. eremita* Klokov, *Zygophyllum balchaschense* Boriss., *Z. betpakdalense* Golosk. et Semiotr., *Z. budunense* Semiotr. Эндемичные растения КМ составляют примерно 1,7%. На территории КМ встречаются 46 эндемичных видов Казахстана.

Эндемизм является важным критерием для обоснования флористического районирования территорий и показывает оригинальность флористических районов. На территории Кокчетавского флористического района найдено два эндемичных растений и ни одного узколокального, характерного только для этого района. На территории Западного мелкосопочника встречается 16 эндемиков КМ, а четыре встречаются только здесь (*Hedysarum villosissimum*, *Jurinea kapelkinii*, *Oxitropis satpaevii*, *Zygophyllum balchaschense*). В Улутау встречается 10 эндемиков КМ, из которых четыре узколокальные эндемики (*Anabasis turgaica*, *Clausia kasachorum*, *Hedysarum ulutavicum*, *Tanacetum ulutavicum*). На территории Восточного мелкосопочника встречается 17 эндемиков КМ, в том числе восемь узколокальных (*Astragalus rariflorus*, *Galatella bectauatense*, *Hedysarum bectauatavicum*, *Potentilla kasachstanica*, *Rumex komarovii*, *Scorzonera dianthoides*, *Tanacetum scopulorum*, *Thymus eremita*). В Каркаралинском подрайоне встречается 10 эндемиков КМ, в том числе два узколокальных (*Ranunculus karkaralensis*, *Silene karkaralensis*). В пределах КМ в пустыне Бетпакадала отмечено 7 эндемичных растений КМ и два узколокальных эндемика (*Arthrophytum betpakdalense*, *Zygophyllum betpakdalense*).

Небольшая доля эндемичных видов от общего числа связано с тем, что КМ является древним коридором миграции растений с запада на восток и с востока на запад. Чаще всего эндемизм связан с изоляцией отдельных горных массивов. Например, *Clausia kasachorum*, *Silene anisoloba* встречаются исключительно в горах Улутау; *Tanacetum scopulorum*, *Hedysarum bectauatavicum*, *Linaria bectauatense* – на горе Бектауата; *Clausia robusta* – в Кокчетавская возвышенности; *Silene karkaralensis*, *Ranunculus karkaralensis* – в горах Каркаралы. Многие эндемичные растения образовались в голоцене и обладают неустойчивым комплексом признаков, требующих тщательного изучения.

Современные флоры имеют чрезвычайно длительный период развития. Их возраст насчитывает миллионы лет. А такие структуры как Казахский мелкосопочник существует без катастрофических изменений ландшафта около 100 млн. лет. За это время неоднократно менялся климат, разрушались и омолаживались горы, наступали и отступали моря. Происходили глобальные перемещения растений. При потеплении климата господствовали теплолюбивые виды, при аридизации – наступали степные и пустынные виды. Особенно бурной в этом отношении стали последние несколько миллионов лет истории растительного покрова Казахского мелкосопочника. Наступление ледников с севера изменяло климат, зимы становились более суровыми, увеличивалась влажность воздуха – на территорию Казахского мелкосопочника проникали представители бореальной флоры. После отступления ледника, во время потеплений – проникали элементы неморальной более теплолюбивой флоры. В наиболее высокие поднятия проникали леса, вместе с ними – травянистые растения. В более сухие периоды леса исчезали с большей части территории мелкосопочника, но некоторые растения оставались в защищенных от жары отдельных урочищах. За миллионы лет флора напоминает слоеный пирог из растений разных геологических эпох. Наиболее интересным фрагментом флоры являются реликты. Они не представляют определенной возрастной категории, поскольку нарушение равновесия между конституцией вида (видов рода) и условиями среды не находится в прямой зависимости ни от возраста вида, ни от продолжительности его существования на определенном пространстве. Например, во флоре Большого Улутау обнаружено 12 плиоценовых 9 плейстоценовых, 12 голоценовых реликтов. Среди которых необходимо отметить плиоценовый реликт *Asplenium trichomanes* L., плейстоценовые – *Luzula pallidula* Kirschner, *Thalictrum minus* L. и голоценовые – *Heracleum sibiricum* L. и *Heracleum sibiricum* L. Для Кокчетавской возвышенности отмечен 141 реликт, в том числе плиоценовых – 46, плейстоценовых – 67, голоценовых – 28 видов. Среди которых, следует выделить плиоценовые реликты *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Viola mirabilis* L., плейстоценовые – *Drosera anglica* Huds., *Drosera rotundifolia* L., плейстоценовые – *Menyanthes trifoliata* L., *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Rchb., голоценовые – *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., *Caltha palustris* L.

Адвентивная фракция флоры составляет около 5 %, особое беспокойство вызывает распространение видов, обладающих инвазионными признаками: *Acer negundo* L., *Acroptilon repens* (L.) DC., *Centaurea stoebe* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen., *Hordeum jubatum* L., *Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz.

Охрана растений осуществляется в Кургальджинском государственном заповеднике (382 вида), в 6 национальных парках: Баянаульском (709 видов), Буйратау (431 вид), Бурабай (691 вид), Каркаралинском (742 вида, горы Каркаралы и горы Кент), Кокшетаусском, Улутавском (проектируемый, 819 видов).

Красную Книгу Республики Казахстан (2014) включено 27 высших сосудистых растений: *Adonis vernalis* L., *A. villosa* Ledeb. *A. wolgensis* Stev., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Anabasis turgaica* Pjin et Krasch., *Berberis karkaralensis* Kornilova et Potapov, *Chimaphila umbellata* (L.) W. P. C. Barton., *Crambe tatarica* Sebeok, *Cypripedium macranthon* Sw., *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó, *Epipogium aphyllum* Sw., *Hedysarum bectauatavicum* Bajt., *Lappula glabrata* Popov, *Ledebouriella seseloides* (Hoffm.) H. Wolff, *Paeonia hybrida* Pall., *Papaver tenellum* Tolm., *Paris quadrifolia* L., *Pulsatilla flavescens* (Zuccar.) Jus. (= *Pulsatilla uralensis* (Zämsels) Tzvel.), *P. multifida* (G. Printz.) Juz., *P. patens* (L.) Mill., *Silene betpakdalensis* Bajt., *Spiraeanthus schrenkianus* Maxim, *Stipa pennata* L., *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. f., *Tulipa biflora* Pall., *Tulipa patens* Agardh. ex Schult. et Schult. f., *Tulipa schrenkii* Regel.

Представленный конспект флоры, безусловно, не является законченным. Он несомненно будет дополнен новыми видами в результате детальных флористических исследований в горах Чингизтау, мелкосопочников в пустыне Бетпакдала, в горах Каркаралы, Кент, Баянаул, на Кокчетавской возвышенности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Айпеисова С.А. Конспект флоры Актюбинского флористического округа. Актюбе, 2012. 175 с.  
Голоскоков В.П. Флора Джунгарского Алатау. Алма-Ата : Наука, 1984. 222 с.  
Карамышева З.В., Рачковская Е.И. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана. Л. : Наука, 1973. 278 с.  
Котухов Ю.А. Список сосудистых растений Казахстана Алтая // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2005. Вып. 11. 2005. С. 11–83.  
Красная книга Казахстана. Т. 2, ч. 2: Растения. Астана : LTD «Art-Print XXI», 2014. 452 с.

## Цитогенетический подход в исследовании Ranunculaceae

Е.Ю. Митренина<sup>1</sup>, А.С. Эрст<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; emitrenina@gmail.com

<sup>2</sup> Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия; erst\_andrew@yahoo.com

**Аннотация.** Исследование хромосом растений имеет примерно 140-летнюю историю. Несмотря на широкое применение молекулярно-генетических методов, цитогенетический подход не потерял свою актуальность для решения ряда вопросов систематики и филогении. В настоящее время сравнительный анализ кариотипов успешно применяется в рамках интегративного подхода в комплексе с морфологическим, молекулярно-генетическим, фитохимическим и другими методами для изучения растений разных групп, в том числе сем. Ranunculaceae Juss.

**Ключевые слова:** Интегративный подход, кариотип, лютиковые, систематика, филогения, хромосомный анализ, Ranunculaceae Juss.

## A cytogenetic approach to the study of Ranunculaceae

E.Yu. Mitrenina<sup>1</sup>, A.S. Erst<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Tomsk State University, Russia, Tomsk; emitrenina@gmail.com

<sup>2</sup> Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Russia, Novosibirsk; erst\_andrew@yahoo.com

**Abstract.** Plant chromosomes investigation has an about 140 years-old history. A cytogenetic approach keeps being relevant to the systematics and phylogeny problem solving, although the molecular genetic methods are widely used. The comparative karyotype analysis as a part of the integrative taxonomic approach is used successfully along with morphological, molecular genetic, phytochemical, and other methods to study plants of different taxonomic groups, including fam. Ranunculaceae Juss.

**Key words:** chromosome analysis, integrative taxonomic approach, karyotype, phylogeny, Ranunculaceae Juss., systematics.

Хромосомный анализ широко используется в исследованиях по систематике и эволюции растений (Guerra, 2008; Peruzzi et al., 2017). Один из его аспектов – это описание кариотипа, или хромосомного набора, основными характеристиками которого являются число, размеры, морфология хромосом, а также особенности их структурно-функциональной организации, выявляемые при помощи различных методов дифференциального окрашивания и флуоресцентной гибридизации *in situ* (Бадаева, Салина, 2013). Еще в ранних цитологических работах было установлено, что разные виды растений различаются по параметрам кариотипа, то есть процесс эволюции сопряжен с их изменением (Грант, 1984; Levin, 2002). Впоследствии было выявлено, что может наблюдаться внутривидовой полиморфизм кариотипа по числу, морфологии и другим параметрам хромосом. Несмотря на это, кариотип является значимым видовым признаком.

Семейство Ranunculaceae Juss. включает 62 рода и 2 525 видов цветковых растений, большинство из которых распространены в Северном полушарии. Оно считается монофилетичной группой, состоящей из 5 подсемейств (*Glaucidoideae* Loconte, *Hydrastidoideae* Martynov, *Coptoideae* Tamura, *Thalictroideae* Rafinesque и *Ranunculoideae* Arnott). К крупнейшим родам относятся: *Ranunculus* L. (~600 видов), *Delphinium* L. (~365 видов), *Thalictrum* L. (~330 видов), *Clematis* L. (~325 видов) и *Aconitum* L. (~300 видов) (Tamura, 1995). Семейство Ranunculaceae недостаточно изучено в цитогенетическом отношении. Согласно данным, представленным в наиболее крупной базе по числам хромосом у растений – Chromosome Counts Database (CCDB) – диплоидные и гаплоидные числа хромосом определены примерно для половины видов семейства (Rice et al., 2015). Кариотипы описаны для ряда видов р. *Aconitum* (Okada, 1991; Hong et al., 2016), р. *Anemone* L. (Стародубцев, 1991; Mlinarec et al., 2012), р. *Eranthis* Salisb. (Gomurgen, 1997; Митренина, Эрст, 2019; Erst et al., 2020), р. *Hepatica* Mill. (Weiss-Schneeweiss et al., 2007), р. *Ranunculus* (Baltisberger, Hörandl, 2016), р. *Trollius* L. (Doroszewska, 1967; Yuan, Yang, 2006; Митренина и др., 2020) и некоторых других.

Наиболее характерными базовыми числами хромосом для представителей сем. Ranunculaceae являются  $x = 7$  и  $x = 8$ , причем в пределах одного рода могут встречаться виды с обоими базовыми числами. В семействе имеются как диплоидные, так и полиплоидные виды. Для некоторых видов характерно наличие особей с цитотипами разной пloidности. Известны виды с неканоническими числами хромосом. Например, у *Anemone nemorosa* L.  $2n = 30$ , а у *Aconitum ferox* Wall.  $2n = 34$  (Rice et al., 2015). Langlet (1932) установил, что хромосомные наборы Ranunculaceae можно разделить на две группы по размеру и морфологии, которые он назвал *Ranunculus*-тип (R-тип) и *Thalictrum*-тип (T-тип). Эти особенности в дальнейшем использовал Tamura (1995) при классификации семейства. К первой группе относятся кариотипы, состоящие преимущественно из крупных, изогнутых хромосом, ко

второй – из мелких, имеющих бобовидную форму. Помимо одноименных родов, первому типу соответствуют хромосомы *Eranthis*, *Halerpestes* Greene, *Trollius* и других. Второму – родов *Aquilegia* L., *Paraquilegia* J.R.Drumm. & Hutch. и других. Очевидно, что первая группа более пригодна для всестороннего цитогенетического анализа. Хотя современные подходы к исследованию позволяют успешно работать и с хромосомами малых размеров (Муравенко, Зеленин, 2009).

В настоящее время цитогенетические методы исследования растений целесообразно использовать в рамках комплексного (интегративного) подхода наряду с морфологическим, молекулярно-генетическим, фитохимическим и другими методами (Mlinarec et al., 2012; Mráz et al., 2019). Применение этого подхода позволило описать новый вид весенников – *Eranthis tanhoensis* Erst в Прибайкалье, морфологически близкий *Eranthis sibirica* DC. и имеющий с ним смежный ареал (Erst et al., 2020). На хромосомном уровне для этих видов была показана разная плоидность, некоторые различия по морфологии хромосом, а также разное количество ДНК на одинарный набор хромосом (C-value). Анализ кариотипов восьми других видов *Eranthis* выявил их видоспецифичные особенности и позволил предположить, что хромосомная эволюция внутри данного рода происходила в первую очередь за счет инверсий, транслокаций и полиплоидизации (Митренина, Эрст, 2019; неопубликованные данные). Таким образом, цитогенетический подход в исследованиях растений, имеющий примерно 140-летнюю историю, не потерял свою актуальность в настоящее время.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-74-10082).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бадаева Е.Д., Салина Е.А. Структура генома и хромосомный анализ растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 4/2. С 1017–1043.
- Грант В. Видообразование у растений. М.: Мир, 1984. 528 с.
- Митренина Е.Ю., Эрст А.С. Кариосистематическое изучение рода *Eranthis* Salisb. (Ranunculaceae) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. Т. 1, № 18. С. 145–149.
- Митренина Е.Ю. и др. Кариотипы и содержание ДНК в ядре у некоторых видов *Trollius* L. и *Hegemone* Bunge ex Ledeb. (Ranunculaceae) Азиатской России и Китая // Turczaninowia. 2020. Т. 23, № 1. С. 90–98
- Муравенко О.В., Зеленин А.В. Исследование хромосомной организации геномов мелкохромосомных растений // Генетика. 2009. Т. 45, № 11. С. 1516–1529.
- Стародубцев В.Н. Ветреницы: систематика и эволюция. Л.: Наука, 1991. 200 с.
- Baltisberger M., Hörandl E. Karyotype evolution supports the molecular phylogeny in the genus *Ranunculus* (Ranunculaceae) // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2016. Vol. 18. P. 1–14.
- Doroszewska A. Chromosomes of some *Trollius* species // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 1967. Vol. 36, Iss. 3. P. 567–577.
- Erst A.S. et al. An integrative taxonomic approach reveals a new species of *Eranthis* (Ranunculaceae) in North Asia // PhytoKeys. 2020. Vol. 140. P. 75–100.
- Gömürgen A.N. Chromosome numbers and karyotype analysis of *Eranthis hyemalis* (L.) Salisb. // Tsekos I., Moustakas M. (eds). Progress in Botanical Research. Dordrecht: Springer, 1998. P. 489–492.
- Guerra M. Chromosome numbers in plant cytogenetics: concepts and implications // Cytogenetic and Genome Research. 2008. Vol. 120. P. 339–350.
- Hong Y. et al. Karyology of *Aconitum* subgenus *Lycocotum* (Ranunculaceae) from China, with a report of the new base chromosome number  $x = 6$  in the genus *Aconitum* // Nordic Journal of Botany. 2016. Vol. 34. P. 441–454.
- Langlet O. Über chromosomenverhältnisse und systematik der Ranunculaceae // Svensk Botanisk Tidskrift. 1932. Vol. 26. P. 381–400.
- Levin D.A. The role of chromosomal change in plant evolution. Oxford University Press Inc., 2002. 230 p.
- Mlinarec J. et al. Cytogenetic and phylogenetic studies of diploid and polyploid members of Tribe *Anemoninae* (Ranunculaceae) // Plant Biology. 2012. Vol. 14. P. 525–536.
- Mráz P. et al. An unexpected new diploid *Hieracium* from Europe: Integrative taxonomic approach with a phylogeny of diploid *Hieracium* taxa // Taxon. 2019. Vol. 68, Iss. 6. P. 1258–1277.
- Okada H. Correspondence of Giemsa C-band with DAPI/CMA fluorochrome staining pattern in *Aconitum sanyoense* (Ranunculaceae) // Cytologia. 1991. Vol. 56. P. 135–141.
- Peruzzi L. et al. Chromosome diversity and evolution in *Allium* (Allioideae, Amaryllidaceae) // Plant Biosystems. 2017. Vol. 151, Iss. 2. P. 212–220.
- Rice A. et al. The Chromosome Counts Database (CCDB) – a community resource of plant chromosome numbers // The New Phytologist. 2015. Vol. 206, Iss. 1. P. 19–26.
- Tamura M. Angiospermae. Ordnung Ranunculales. Fam. Ranunculaceae. Systematic Part. II // Natürliche Pflanzenfamilien, second Hiepkö P. (ed.). Berlin: Duncker and Humblot, 1995. Vol. 17a, IV. P. 223–519.
- Weiss-Schneeweiss H. et al. Chromosomal stasis in diploids contrasts with genome restructuring in auto- and allopolyploid taxa of *Hepatica* (Ranunculaceae) // New Phytologist. 2007. Vol. 174. P. 669–682.
- Yuan Q., Yang Q.E. Tribal relationships of *Beesia*, *Eranthis* and seven other genera of Ranunculaceae: Evidence from cytological characters // Botanical Journal of the Linnean Society. 2006. Vol. 150, Iss. 3. P. 267–289.

## Влияние физических мутагенных факторов на некоторые количественные признаки в поколении $M_2$ *Sesamum indicum* L.

А.А. Могылда

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Кишинев, Республика Молдова;  
anatolii.mogilda10@gmail.com

**Аннотация.** Индуцированный мутагенез считается эффективным и потенциальным методом создания генетической изменчивости у сельскохозяйственных растений. В работе представлены данные о влиянии этого физического фактора на количественные параметры в поколении  $M_2$  образцов *Sesamum indicum* L. Залтсатовски, Кадет и Адаптованный 2 при дозе воздействия 200, 300, 400 и 500 Гр (Грей). Согласно полученным результатам выявлена изменчивость некоторых признаков, которые варьировали в зависимости от образца и примененной дозы облучения. Наибольшие изменения показателей по сравнению с контролем обнаружены у генотипов Кадет при дозе облучения 300 Гр и Адаптованный 2 (200 Гр). Спектр морфобиологических изменений растений будет оценен также в поколении  $M_3$ .

**Ключевые слова:** *Sesamum indicum*, гамма-излучение, доза, мутация, количественные признаки.

## The effect of physical mutagenic factors on some quantitative traits in the generation of $M_2$ *Sesamum indicum* L.

A.A. Mogîlda

Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Chisinau, Republic of Moldova; anatolii.mogilda10@gmail.com

**Abstract.** Induced mutagenesis is considered an effective and potential method for generating genetic variation in agricultural plants. The paper presents data on the influence of this physical factor on the quantitative parameters in the  $M_2$  generation of sesame samples from Zaltsatovski, Kadet, Adaptovanii 2 at a dose of 200, 300, 400 and 500 Gy (Gray). According to the results obtained, the variability of some features was revealed, which varied depending on the sample and the applied radiation dose. The greatest changes in indicators compared to control were found in the genotypes Kadet at a dose of 300 Gy and Adaptovanii (200 Gy). The spectrum of morphobiological changes in plants will also be assessed in the  $M_3$  generation.

**Key words:** *Sesamum indicum*, gamma rays, dose, mutation, quantitative characters.

Кунжут (*Sesamum indicum* L.  $2n = 26$ ) принадлежит к семейству *Pedaliaceae* и считается одной из древнейших масличных культур. Культивируют его для семян и пищевых масел, которые играют важную роль в питании человека, в фармацевтике и промышленности (Ashri, 1998). Семена кунжута содержат значительное количество антиоксидантов, таких как сезамол, сезамин, сезамолин и сезаминол, а также четыре основных жирных кислот – пальмитиновую, стеариновую, олеиновую и линолевою. Семена богаты минералами и витаминами – витамином Е, кальцием, магнием, фосфором и являются хорошим источником пищи (Begum, Dasgupta, 2010; Anbarasan et al., 2015). Кунжут растет и плодоносит как в тропическом, так и в умеренном климате (Morris, 2009). В настоящее время он возделывается во всем мире на общей площади около 11,7 млн га, а годовой объем производства составляет более 6 млн т (ФАО, 2018). Популяции кунжута часто существуют в виде совокупности различных гомозиготных особей (Furat, Uzun, 2010). Несмотря на свою долгую историю и питательную ценность, кунжут обладает довольно слабой производительностью по сравнению с другими масличными культурами, в основном из-за низкой урожайности, подверженности болезням, детериорации семян и индетерминантному росту (Yol, Uzun, 2012). Для получения новых, улучшенных сортов с желаемыми признаками, необходимо использовать зародышевую плазму с высоким генетическим разнообразием (Purwati et al., 2015).

С помощью индуцированного мутагенеза представляется возможным создание значительного спектра изменчивости наследственных количественных и качественных признаков (Maluszynski et al., 1995; Muduli, Mishra, 2007). Многие новые генотипы были созданы прямо или косвенно благодаря индуцированному мутагенезу, позволяющему выделить мутантные формы с желаемыми признаками экономической важности, такими как высокая продуктивность, период цветения и раннеспелость, габитус растения, низкий уровень растрескивания коробочек, цвет коробочек, устойчивость к заболеваниям (Çagırgan, 2001), крупносемянность, желаемый цвет семян и высокое содержание масла (Hoballah, 2001). Настоящее исследование было направлено на изучение показателей элементов продуктивности кунжута в популяции  $M_2$ , полученной в результате воздействия гамма-радиацией.

### Материал и методы

Исследование проводилось в лаборатории генетических ресурсов растений Института генетики, физиологии и защиты растений в течение 2019 г. В качестве генетического материала служили три

образца поколения  $M_2$ : Залтсадовски, Кадет и Адаптованный 2, облученные гамма-лучами в дозах 200, 300, 400 и 500 Гр (источник  $CO^{60}$ ) в предыдущем году.

На экспериментальном участке семена были внесены в почву в первой декаде мая. Каждый образец высевали на площади  $4,5 \text{ м}^2$  с расстоянием между рядами 60 см и в ряду 10 см. Описание признаков облученных генотипов кунжута было сделано в соответствии с Международным дескриптором (IPGRI, 2004). На стадии физиологической зрелости каждый образец и контроль оценивались по 7 количественным параметрам: высоте растений, длине коробочек, длине междоузлий, количеству коробочек на растении, количеству семян в коробочке, массе 1000 семян, продуктивности растений.

Полученные экспериментальные данные были подвергнуты статистическому анализу с использованием программного пакета Statistics 8.0.

### Результаты и обсуждения

В предыдущих исследованиях, проведенных на поколении  $M_1$  (2018), была обнаружена существенная элиминация облученного материала. Гамма-лучи оказывали избирательное, часто стимулирующее влияние на количественные показатели (Mogilda, 2019). Оценивая спектр и частоту мутаций в  $M_2$ , у изученных образцов кунжута были определены специфические проявления некоторых признаков:

1. *Высота растения.* Значительное увеличение габитуса растений наблюдалось у образца Кадет при дозах 300 Гр ( $125 \pm 2,81$  см) и 500 Гр ( $131,25 \pm 2,94$  см) по сравнению с контролем ( $109 \pm 1,87$  см), в то время как для других доз значения были ниже, но близки к контролю. На образце Адаптованный 2 под воздействием всех доз выявлена более высокая высота растения, до  $104,75 \pm 2,42$  см, по сравнению с контролем ( $94,75 \pm 2,34$  см). В случае образца Залтсадовски для всех доз значения этого параметра были ниже по сравнению с контрольным вариантом.

2. *Длина коробочек.* У анализируемых генотипов данный показатель варьировал по-разному, в пределах 2,48–2,92 см, в зависимости от применяемой дозы (200, 300, 400 и 500 Гр). Для образца Залтсадовски, обработанного дозой 400 Гр, средняя длина коробочек составила  $2,71 \pm 0,03$  см по сравнению с контролем ( $2,55 \pm 0,04$  см), т.е. увеличилась на 6,3 %. В случае образца Кадет при дозах 200 Гр и 400 Гр средние значения длины коробочек ( $2,77 \pm 0,06$  см и  $2,92 \pm 0,04$  см) оказались выше контрольных на 13,6 % ( $2,57 \pm 0,05$  см), а образец Адаптованный 2 при дозе 300 Гр показал незначительное превышение ( $2,69 \pm 0,07$  см) по сравнению с контрольным вариантом ( $2,67 \pm 0,05$  см), в случае других доз значения были ниже по сравнению с контролем.

3. *Длина междоузлий.* Анализируя данный параметр, наблюдалось снижение значений на 25 % ( $2,60 \pm 0,11$  см) у Залтсадовски (доза 400 Гр) по сравнению с контролем ( $3,47 \pm 0,12$  см). У сорта Кадет при дозах 300 Гр и 500 Гр выявлено уменьшение на 6–8 % длины междоузлий ( $2,35 \pm 0,37$  см и  $2,30 \pm 0,38$  см) по сравнению с контролем ( $2,50 \pm 0,43$  см), а у образца Адаптованный 2 при дозе 300 Гр зарегистрировано уменьшение длины ( $2,52 \pm 0,44$  см) по сравнению с контролем ( $2,72 \pm 0,68$  см).

4. *Количество коробочек на растении.* Увеличение количества коробочек на растениях (на 16 %) зафиксировано у сорта Залтсадовски при дозе 500 Гр ( $52 \pm 3,01$ ) по сравнению с контролем ( $44,7 \pm 2,87$ ). Для образца Кадет данные ( $47,9 \pm 3,29$  –  $66,5 \pm 4,41$ ), полученные для всех доз (200–500 Гр), превышают (до 54 %) таковые контрольного варианта ( $43,2 \pm 4,24$ ), а для образца Адаптованный 2 только при дозе 200 Гр обнаружено небольшое превышение показателей ( $46,05 \pm 3,54$ ) над контрольными ( $43,80 \pm 4,27$ ).

5. *Количество семян в коробочке.* При анализе этого параметра у сорта Залтсадовски при дозах 200, 400, 500 Гр, образца Кадет (200 Гр и 400 Гр) и образца Адаптованный 2, обработанного дозами 400 и 500 Гр, отмечены незначительные отклонения от контроля. У сорта Адаптованный 2 (доза 200 Гр) превышение над контрольным вариантом составило 9 % –  $70,70 \pm 1,90$  шт. против  $64,90 \pm 2,23$  шт.

6. *Масса 1000 семян (g).* Масса 1000 семян растений поколения  $M_2$  варьировала по-разному у трех образцов: от 2,35 до 3,29 г. Наибольший вес был зафиксирован у образца Кадет при всех дозах – 200 Гр (2,8 г), 300 Гр (3,05 г), 400 Гр (2,8 г) и 500 Гр (3,3 г) по сравнению с контролем (2,78 г). Генотипы Залтсадовски и Адаптованный 2 при дозах 200–500 Гр показали более низкие значения по данному признаку – соответственно 2,35 г – 2,47 г и 2,49 г – 2,61 г в сравнении с контрольными вариантами (от 2 % до 7 %).

7. *Продуктивность растений (g).* Продуктивность растений у всех трех генотипов варьировала от 5,53 г до 9,76 г. Самая высокая продуктивность была зафиксирована у образца Кадет при дозе 300 Гр (9,76 г), что на 33,9 % выше, чем в контроле. При других дозах показатели составили: 400 Гр – 9,55 г, 200 Гр – 9,02 г и 300 Гр – 8,06 г и также превысили контроль (7,29 г). У сорта Залтсадовски в дозах 400 Гр

и 500 Гр отмечены более высокие значения (соответственно 8,26 г и 9,06 г) по сравнению с контролем (6,95 г). В данном случае самая высокая доза облучения способствовала увеличению до 30,4 % продуктивности. Для образца Адаптованный 2 доза 200 Гр показала небольшое превышение (на 6 % продуктивности (8,55 г) по сравнению с контролем (8,02 г).

### Выводы

При исследовании сортов кунжута Залтсадовски, Кадет и Адаптованный 2, облученных гамма-радиацией в дозах 200–500 Гр, в поколении M<sub>2</sub> был выявлен характер проявления основных количественных признаков в зависимости от генотипа и применяемой дозы радиации. Установлено, что длина растений увеличилась у генотипа Кадет на 20 % (300, 500 Гр), а у сорта Адаптованный 2 – на 10,5 % (200, 300, 400, 500 Гр). Длина коробочек у сорт образца Залтсадовски также увеличилась на 6,3 % (400 Гр), а у сорта Кадет – до 5,4 % (200, 400 Гр). Длина междоузлий стеблей уменьшилась у образца Залтсадовски 400 Гр на 25 % и у сорта Кадет (300–500 Гр) на 6–8 %. Увеличение количества коробочек на растении было зарегистрировано у Залтсадовски (500 Гр) на 14 %, Кадет (200–500 Гр) до 54 % и Адаптованный 2 (200 Гр) на 5 %. Количество семян в коробочке было выше на 9% у образца Адаптованный 2 (200 Гр). Сорт Кадет (200–500 Гр) отличился повышенной массой 1000 семян – до 18 % по сравнению с контролем. У образца Кадет (200, 300, 400 Гр) отмечено превышение продуктивности растений в сравнении с контролем на 16 %, у Залтсадовски (400, 500 Гр) – до 28 % и у Адаптованный 2 (200 Гр) – на 6 %.

Таким образом, по совокупности положительного изменения нескольких важных количественных параметров отличились сорта Кадет (300 Гр) и Адаптованный 2 (200 Гр). Дальнейшее исследование поколения M<sub>3</sub> позволит определить стабильность выявленных популяций, а также обнаружить новые мутантные формы.

### ЛИТЕРАТУРА

- Anbarasan K., Rajendran R., Sivalingam D. Studies on the Mutagenic Effectiveness and Efficiency of Gamma Rays, EMS and Combined Treatment in Sesame (*Sesamum indicum* L.) var. TMV3 // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015, Vol. 6, Iss. 4. P. 589–595.
- Ashri A. Sesame Breeding // Janick J, editor. Plant Breeding Reviews. Oxford : Oxford Press., 1998. P. 179–228.
- Begum T., Dasgupta T. A comparison of the effects of physical and chemical mutagens in sesame (*Sesamum indicum* L.) // Genetics and Molecular Biology. 2010. P. 761–766. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572010005000090>
- Çagırgan M.I. Mutation techniques in sesame (*Sesamum indicum* L.) for intensive management: Confirmed mutants // Sesame Improvement by Induced Mutations. IAEA-TECDOC-1195, IAEA. Vienna, 2001. P. 31–40.
- Furat S., Uzun B. The use of agro-morphological characters for the assessment of genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.) // Plant Omi. J. 2010. Vol. 3. P. 85–91.
- Hoballah A.A. Selection and agronomic evaluation of induced mutant lines of sesame // Sesame Improvement by Induced Mutations, IAEA-TECDOC-1195, IAEA. Vienna, 2001. P. 137–150.
- Maluszynski M., Ahloowalia B.S., Sigurbjornsson B. Application of in vivo and in vitro mutation techniques for crop improvement // Euphytica. 1995. Vol. 85, Iss. 1–3. P. 303–315.
- Mogilda A. Eficacitatea utilizării factorilor mutageni fizici la susan (*Sesamum indicum* L.) // Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători. 2019. P. 122–126.
- Morris J. Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm regenerated in Georgia, USA // Genet. Resour. Crop Evol. 2009. Vol. 56. P. 925–936. <https://doi.org/10.1007/s10722-009-9411-9>
- Muduli K.C., Mishra R.C. Efficacy of mutagenic treatments in producing useful mutants in finger millet (*Eleusine coracana* Gaertn.) // Indian J. Genet. 2007. Vol. 67, Iss. 3. P. 232–237.
- Purwati R., Anggraeni T., Sudarmo H. Diversity of morphological characters of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm // Bul. Tanam. Tembakau, Serat Miny. Ind. 2015. P. 69–78.
- Yol E., Uzun B. Geographical patterns of sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions grown under Mediterranean environmental conditions, and establishment of a core collection // Crop Sci. 2012, Vol. 52. P. 2206–2214. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.07.0355>
- Descriptors for Sesame (*Sesamum* spp.). IPGRI and NBPGR. 2004. 63 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT, 2018). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Accessed: 16.03.2020).



## Реконструкция родового ареала *Cicer* L. (Leguminosae)

В.В. Мурашко<sup>1</sup>, Д.А. Кривенко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия; [vm.neon@gmail.com](mailto:vm.neon@gmail.com)

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия; [krivenko.irk@gmail.com](mailto:krivenko.irk@gmail.com)

**Аннотация.** На основе гербарных материалов и данных литературы, составлены хорологические карты для 47 видов рода *Cicer*, которые позволили уточнить естественные границы их ареалов и рода в целом. С помощью метода сеточного картирования построена карта видовой богатства и выявлены пять географически изолированных участков современного видовой разнообразия рода: Северо-Африканский, Средиземноморско-Малоазиатский, Восточно-Африканский, Восточно-Переднеазиатский, Центральноазиатский. Для каждого кластера приводятся фитогеографические показатели, такие, например, как занимаемая площадь, общее количество видов и количество эндемиков. Установлено, что центром современного разнообразия рода *Cicer* являются горы Центральной Азии, а областью максимальной концентрации видов – горная система Памиро-Алай.

**Ключевые слова:** Азия, Африка, ГИС, Древнее Средиземноморье, Европа, нут, эндемик.

## Range reconstruction of the genus *Cicer* L. (Leguminosae)

V.V. Murashko<sup>1</sup>, D.A. Krivenko<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Siberian Institute of Plant Physiology & Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia; [vm.neon@gmail.com](mailto:vm.neon@gmail.com)

<sup>2</sup> National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia; [krivenko.irk@gmail.com](mailto:krivenko.irk@gmail.com)

**Abstract.** Based on herbarium and literature data, chorological maps were produced for 47 species of the genus *Cicer*, this made it possible to clarify the natural boundaries of the species and genus ranges. The species richness map was produced using the method of grid mapping. It identified five geographically isolated areas of modern species diversity: North African, Anatolian-Mediterranean, East African, East of West Asian, Central Asian. Phytogeographic measures are given for each cluster, such as area occupied, total number of species and number of endemics. It was established that the hotspot of modern species diversity of genus *Cicer* is the mountains of Central Asia, and the maximum concentration area of species is the Pamir-Alai mountain system.

**Key words:** Africa, Ancient Mediterranean, Asia, chickpea, endemic, Europe, GIS.

### Введение

Род *Cicer* – представитель монотипной трибы *Cicereae* Alef., насчитывает в своем составе около 50 видов. В системе рода выделяют три подрода, пять или шесть секций и до 15 рядов (Сеферова, 1995; Davies et al., 2007). Виды этого рода – однолетние и многолетние травянистые растения или полукустарнички, нередко вооруженные колючками, различными по морфологическому происхождению. Растения опушены простыми или железистыми волосками. Листья с прилистниками, непарно- или парноперистые, тогда рахис листа заканчивается шипиком или усиком (как простым, так и ветвистым). Цветки пазушные, одиночные или в редких кистях. Чашечки колокольчатые, глубоко разделенные на практически равные зубцы. Венчики мотыльковые, длиннее чашечек. Плоды вздутые, просто и/или железисто опушенные (Линчевский, 1948; Яковлев, 1991).

Самым известным представителем рода, является *C. arietinum* L. Это одна из древнейших зернобобовых культур, одомашненная в центральной части Плодородного Полумесяца около 11 тыс. лет назад (Weiss, Zohary, 2011; Zohary et al., 2012). И на сегодняшний день она остается важнейшей сельскохозяйственной культурой, значение которой, в мировой экономике с каждым годом только растет. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAOSTAT, 2020), в период с 2008 по 2018 гг., объемы производства этой культуры выросли на 99 % (с 8,6 млн до 17,1 млн т). А площади, отведенные под ее возделывание на 61 % (с 11,0 млн до 17,8 млн га). Основными производителями *C. arietinum* являются страны индийского субконтинента и Средиземноморского бассейна, а также Эфиопия.

Несмотря на очевидную значимость *C. arietinum* для человечества, исследовательский интерес к роду *Cicer* в целом, не столь велик. Объектами исследований подавляющего большинства работ является *C. arietinum* и близкие к нему виды, главным образом *C. echinospermum* P.H. Davis. и *C. reticulatum* Ladiz. Эти работы посвящены фенотипическому (Сеферова, 1997; Безугла, Кобизева, 2012; Вишнякова и др., 2017а, б; и др.), генетическому (Furman, Bagheri, 2009; Khan et al., 2010; Bharadwaj et al., 2013; и др.) и кариологическому (Ohri, Pal, 1991; Toker, 2009; и др.) разнообразию, вопросам происхождения и доместификации (Ladizinsky, Adler, 1976; Maesen, 1987; Abbo et al., 2003; Kerem et al., 2007; Weiss, Zohary, 2011; Zohary et al., 2012; Smýkal et al., 2015; Varshney et al., 2019; и др.). Расширенных исследований рода, касающихся вопросов филогении, основанных на морфологических и молекулярных данных (Javadi et al., 2004, 2007; Davies et al., 2007; Maesen et al., 2007; Öztürk, 2011; Öztürk et al., 2013), установлению его

положения в системе Leguminosae (Попов, 1929; Чехов, 1936; Sammour, 1991) относительно немного, но и в них привлекалось ограниченное число видов.

Комплексных хорологических работ для рода *Cicer* ранее не проводилось. Распространение отдельных видов слабо изучено, а некоторые из них были известны лишь по типовым образцам: *C. balcaricum* Galushko, *C. baldshuanicum* (Popov) Lincz., *C. incanum* Korotkova, *C. laetum* Rassulova & B.A. Sharipova, *C. luteum* Rassulova & B.A. Sharipova, *C. rassuloviae* Lincz., *C. stapfianum* Rech.f., *C. subaphyllum* Boiss. (Maesen et al., 2007). Первая попытка систематизации данных по распространению представителей рода *Cicer* была предпринята М.Г. Поповым (1929). Несмотря на самокритичность, отраженную им в названии работы, на сегодняшний день она является наиболее ценной с ботанико-географической точки зрения. Однако ввиду недостатка зарубежных материалов охватить все многообразие рода ему не удалось. Позже L.J.G. van der Maesen (1972) предпринял аналогичную попытку, но был ограничен материалами из Центральной Азии, как, впрочем, и в более поздней работе по таксономической ревизии рода (Maesen et al., 2007) по тем же причинам.

Цель данной работы – изучить распределение видов по отдельным частям родового ареала, установить общие пределы распространения рода, а также выявить современные очаги видового разнообразия. Для этого был выбран метод сеточного картирования. В его основе, лежат фактические данные о распространении вида полученные точечным методом, а суть сводится к созданию регулярной сетки, и последующим анализом пространственных данных по каждой такой ячейке.

Несмотря на то, что сеточное картирование дает несколько огрубленное представление о распространении (Толмачев, 1974), это не является сколь-нибудь критичным для поставленной цели. Наоборот, данный способ позволяет получить наиболее реальную картину распространения, чем абсолютно точная фиксация всех известных местонахождений вида. К тому же, оправдывает выбор данного метода еще и тот факт, что первичная информация, на основе которой составлялись хорологические карты для каждого конкретного вида, имеет различную точность географической привязки. Данный метод позволил сгладить эту разницу, экстраполируя точечные данные на более обширную территорию.

### Материал и методы

Базовой информацией для работы послужили материалы гербариев В, Е, IRK!, К, KUFS, LE!, MW, NY, P, TASH!, TMRC, W, WIR!, WU (акронимы гербариев приведены в соответствии с В. Thiers (2020)) и литературные данные (Никитин, 1950; Карягин, 1954; Короткова, 1955; Никитина, 1957; Rechinger, 1957; Оразова, 1961; Аветисян, 1962; Davis, 1970; Maesen, 1972, 1979; Townsend, Guest, 1974; Расулова, Шарипова, 1978, 1992; Галушко, 1980; Thulin, 1983; Dönmez, 2011; Öztürk, 2011; Пяк, 2012; Stathi et al., 2020). Работа проводилась в программе QGIS, версия 3.14 (QGIS, 2020). При составлении картографического материала в качестве основы использовались данные SRTM и Natural Earth (Becker et al., 2009; Natural Earth, 2020).

*Картирование ареалов.* Информация о местонахождениях каждого вида, была нанесена на карту и сохранена в виде shape-файлов. В случае дизъюнкции, shape-файл представлял ареал таксона в виде составных полигональных объектов. Основываясь на общих пределах распространения рода, была создана регулярная сетка, с разрешением 50 км. Это позволило наиболее корректным способом отобразить обширный ареал рода (Graham, Hijmans, 2006).

Последующее удаление полигонов общей сетки по критерию пересечения (intersect), с помощью алгоритма извлечения по пространственному положению (extract by location), облегчило вычисления путем отсеивания «пустых» ячеек для каждого вида, оставив только те, которые напрямую участвовали в анализе. При подсчете количества видов на ячейку, был изменен тип геометрии с полигональной на точечную. Для этого ячейки преобразовывались в центроиды, одноименным алгоритмом (centroids). Объединение полученных таким образом данных в один векторный слой, позволило применить алгоритм подсчета точек (count points in polygon), который присвоил определенный вес для каждой ячейки ареала рода. Использование статичных по своим размерам ячеек избавило от необходимости нормализации данных.

*Кластеризация данных.* Применив алгоритм кластеризации методом k-средних (k-means clustering) к векторному слою (полученному в результате объединения исходных данных по отдельным видам) удалось разделить родовой ареал на пять географически обособленных кластеров. Данный алгоритм минимизирует суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от их центров, при заданных входных значениях. В роли точек выступали центроиды, построенные на основе охвата распространения вида. При отнесении вида к какому-либо кластеру, алгоритм учитывал его

распространение в целом, а не отдельных частей составных полигональных объектов. Это позволило представить наиболее близкие к истинным границы существующих географических кластеров.

### Результаты и обсуждения

Дикие представители рода *Cicer* встречаются в границах 34 государств. Большая часть видов сосредоточена в странах Центральной, Передней и Малой Азии. С запада на восток ареал рода простирается от Канарских островов до верховий Иртыша на границе Китая и Монголии. По этому направлению он ограничен 17-м западным и 90-м восточным меридианом. С юга на север род распространен от Эфиопской рифтовой долины до Чулышмакского нагорья Алтайских гор, между 7-й и 51-й северной параллелью.

Согласно обновленным данным классификации климатов Köppen–Geiger (Rubel, Kottek, 2010), основная часть ареала рода *Cicer* относится к умеренному и континентальному климату с высокими летними температурами и малым количеством осадков. Также встречаются участки ареала, расположенные в тропической (климат саванн) и полярной (климат тундры) климатических зонах: первый – преимущественно в границах Эфиопии, второй – в высокогорьях Центральной Азии. Однако, на столь обширной территории, распространение видов, вне зависимости от климатических условий, всегда приурочено к высоким топологическим структурам рельефа (нагорьям, горным хребтам и т.д.). Следствием чего, наблюдаются дизъюнкции в ареале рода. Порой гиатус исчисляется тысячами километров. Например, минимальное расстояние между ареалом *C. cuneatum* Hochst. ex A.Rich и ареалом любого другого представителя рода, составляет порядка полутора тысяч километров.

Полученная в ходе проделанной работы карта видового богатства рода *Cicer* (рис. 1), в совокупности с данными кластеризации, позволили выявить в ареале рода пять географических участков современного видового разнообразия (кластеров). Для удобства, этим кластерам были даны условные названия: I. Северо-Африканский, II. Средиземноморско-Малоазиатский, III. Восточно-Африканский, IV. Восточно-Переднеазиатский и V. Центральноеазиатский. Для каждого кластера приведены абсолютные и относительные фитогеографические показатели (табл. 1). Полный список распределения видов по кластерам, в сравнении с результатами автоматической кластеризации представлен в табл. 2.

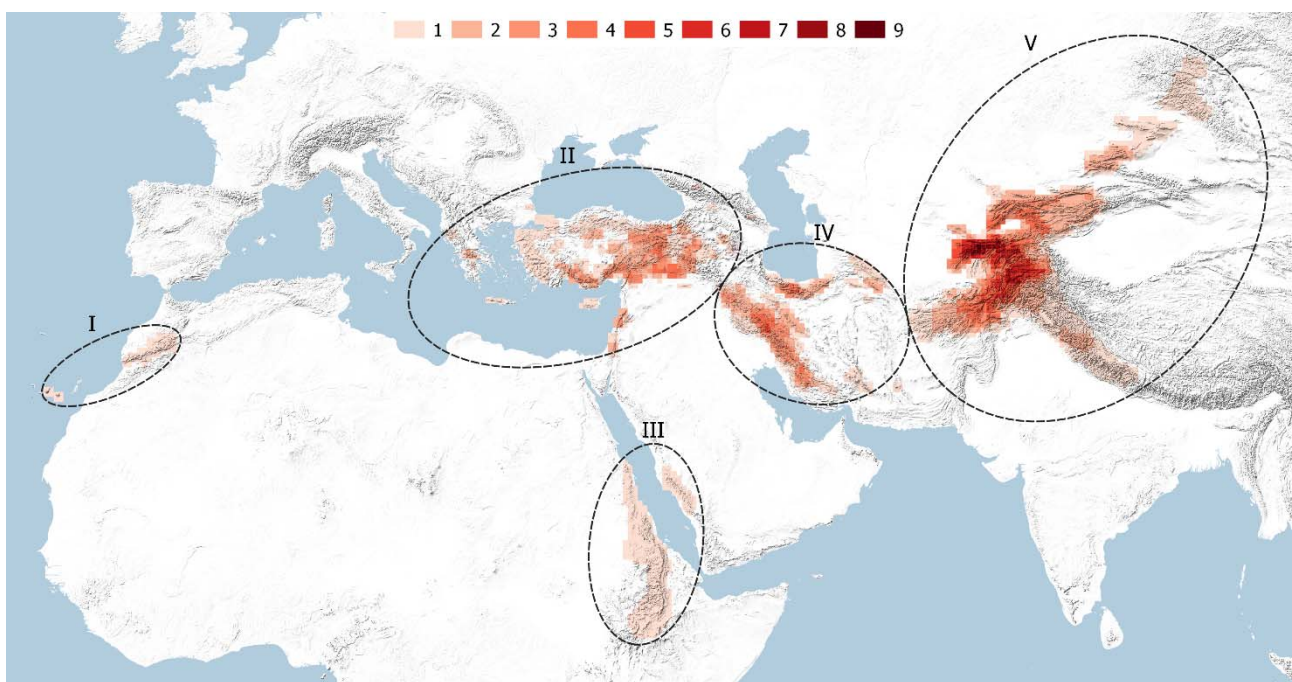


Рис. 1. Видовое богатство рода *Cicer*.

Шкала показывает зависимость цвета ячейки от количества видов. Пунктиром обозначены кластеры: I. Северо-Африканский, II. Средиземноморско-Малоазиатский, III. Восточно-Африканский, IV. Восточно-Переднеазиатский, V. Центральноеазиатский

Северо-Африканский кластер (I) расположен в западной части Атласских гор (собственно Высокий Атлас) и на Канарских островах. Он является как самым удаленным от основной части родового ареала, так и наиболее меньшим по занимаемой площади. На его территории распространены только два вида: *C. atlanticum* Coss. ex Maire и *C. canariense* A. Santos & G.P. Lewis. Ареалы этих видов не пересекаются. В границах кластера представлено всего около 4 % богатства рода.

## Фитогеографические показатели кластеров

Показатель	Кластер					
	I	II	III	IV	V	
					В целом	Памиро-Алай
Занимаемая площадь, км <sup>2</sup>	55 571	662 942	379 856	441 631	1 945 972	411 764
Доля занимаемой площади от ареала рода, %	1,6	19,0	10,9	12,7	55,8	11,8
Общее количество видов, шт.	2	15	1	12	23	18
Видовое богатство, %	4,3	31,9	2,1	25,5	48,9	38,3
Количество эндемиков, шт.	2	11	1	6	21	8
Степень эндемизма, %	100,0	73,3	100,0	50,0	91,3	44,4

Распределение видов рода *Cicer* по кластерам

Вид*	ПАК	Кластер					
		I	II	III	IV	V	
						О	ПА
<i>C. acanthophyllum</i> Boriss.	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. anatolicum</i> Alef.	II	-	0	-	0	-	-
<i>C. atlanticum</i> Coss. ex Maire	I	1	-	-	-	-	-
<i>C. balcaricum</i> Galushko	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. baldshuanicum</i> (Popov) Lincz.	V	-	-	-	-	1	1
<i>C. bijugum</i> Rech.f.	II	-	0	-	0	-	-
<i>C. canariense</i> A.Santos & G.P.Lewis	I	1	-	-	-	-	-
<i>C. chorassanicum</i> (Bunge) Popov	V	-	-	-	0	0	0
<i>C. cuneatum</i> Hochst. ex A.Rich.	III	-	-	1	-	-	-
<i>C. echinospermum</i> P.H.Davis	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. fedtschenkoi</i> Lincz.	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. flexuosum</i> Lipsky	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. floribundum</i> Fenzl	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. garanicum</i> Boriss.	V	-	-	-	-	1	1
<i>C. graecum</i> Orph. ex Boiss.	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. grande</i> (Popov) Korotkova	V	-	-	-	-	1	1
<i>C. heterophyllum</i> Contandr., Pamukç. & Quézel	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. incanum</i> Korotkova	V	-	-	-	-	1	1
<i>C. incisum</i> (Willd.) K.Malý	II	-	0	-	0	-	-
<i>C. isauricum</i> P.H.Davis	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. judaicum</i> Boiss.	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. kermanense</i> Bornm.	IV	-	-	-	1	-	-
<i>C. kopetdaghense</i> Lincz.	IV	-	-	-	1	-	-
<i>C. korshinskiyi</i> Lincz.	V	-	-	-	-	1	1
<i>C. laetum</i> Rassulova & B.A.Sharipova	V	-	-	-	-	1	1
<i>C. luteum</i> Rassulova & B.A.Sharipova	V	-	-	-	-	1	1
<i>C. macracanthum</i> Popov	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. microphyllum</i> Royle ex Benth.	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. minutum</i> Boiss. & Hohen.	IV	-	0	-	0	-	-
<i>C. mogoltavicum</i> (Popov) A.S.Korol.	V	-	-	-	-	1	-
<i>C. montbretii</i> Jaub. & Spach	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. multijugum</i> Maesen	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. nuristanicum</i> Kitam.	V	-	-	-	-	1	-
<i>C. oxyodon</i> Boiss. & Hohen.	IV	-	-	-	1	-	-
<i>C. paucijugum</i> (Popov) Nevski	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. pinnatifidum</i> Jaub. & Spach	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. pungens</i> Boiss.	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. rassuloviae</i> Lincz.	V	-	-	-	-	1	1
<i>C. rechingeri</i> Podlech	V	-	-	-	-	1	-
<i>C. reticulatum</i> Ladiz.	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. songaricum</i> Stephan ex DC.	V	-	-	-	-	1	0
<i>C. spiroceras</i> Jaub. & Spach	IV	-	-	-	1	-	-
<i>C. stapfianum</i> Rech.f.	IV	-	-	-	1	-	-
<i>C. subaphyllum</i> Boiss.	IV	-	-	-	1	-	-
<i>C. tragacanthoides</i> Jaub. & Spach	IV	-	-	-	0	0	-
<i>C. uludereensis</i> Dönmez	II	-	1	-	-	-	-
<i>C. yamashitae</i> Kitam	V	-	-	-	-	1	-

\* Авторы видов приведены согласно International Plant Names Index (IPNI, 2020). ПАК – результат автоматической кластеризации; О – в целом для кластера; ПА – для горной системы Памиро-Алай. Условные обозначения: «1» – вид присутствует и эндемичен для данного кластера; «0» – вид присутствует, но не является эндемичным; «-» – вид отсутствует.

Средиземноморско-Малоазиатский кластер (II) характеризуется относительно равномерным распределением видов по территории. Максимальное количество видов на ячейку – 4, наблюдается на Битлисском хребте и Мардинском плато Восточного Тавра. На данной территории, занимающей практически пятую часть всего ареала рода, представлено около трети его разнообразия. Степень эндемизма внутри кластера довольно высокая, и по этому показателю уступает лишь V кластеру (без учета I и III кластеров, содержащих 2 и 1 вид соответственно).

В Восточно-Африканском кластере (III) наблюдается противоположная картина. Несмотря на то, что его территория всего на 40 % меньше в сравнении со II кластером, здесь обитает лишь один вид – *C. cuneatum*, который произрастает преимущественно в центральной и северной части Эфиопии.

Восточно-Переднеазиатскому кластеру (IV) присуща некоторая дизъюнктивность. Больше всего местонахождений видов сосредоточено в горных системах Загрос и Эльбурс. Здесь, на площади около 10 % от общей площади, занимаемой родом, представлена практически четверть всего его разнообразия. Плотность видового богатства, в сравнении со II кластером, чуть выше, и достигает пяти видов на ячейку, в окрестностях горной цепи Ошторанкух южного Лурестана. Касательно общности со II кластером, обращает на себя внимание его северо-западная часть, являющаяся неким буфером между данными центрами современного видового разнообразия. Общими для них являются четыре вида: *C. anatolicum* Alef., у которого практически треть ареала расположена в пределах Иранского нагорья, *C. bijugum* Rech.f. встречается в северо-западной части провинции Сулеймания в Ираке, а *C. incisum* (Willd.) K. Malý и *C. minutum* Boiss. & Hohen. имеют лишь единичные местонахождения вне границ своего кластера. Более наглядно распределение общих видов по кластерам представлено на рис. 2.

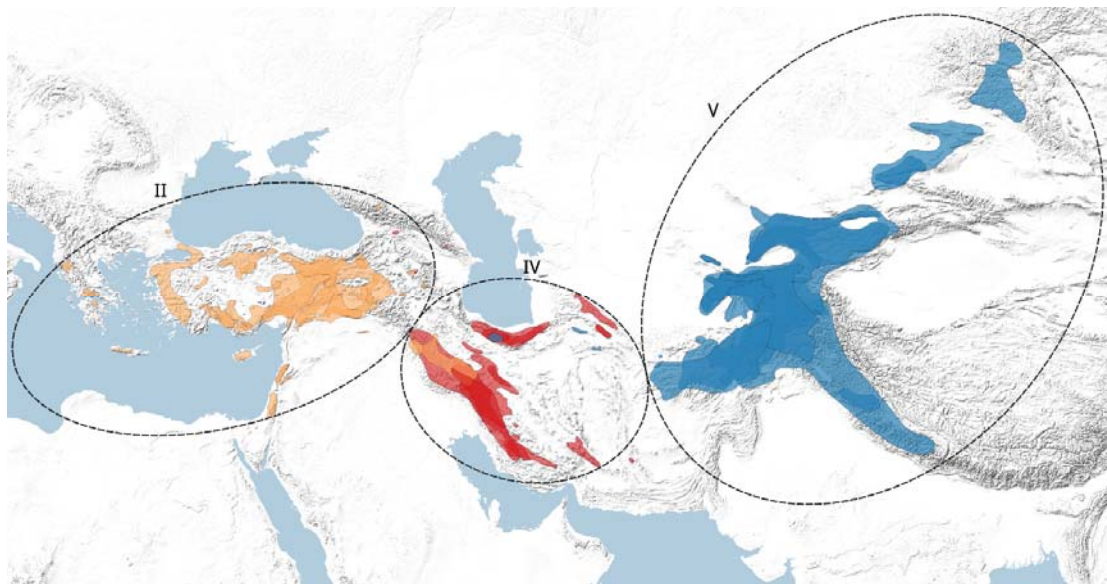


Рис. 2. Распределение видов в основной части ареала рода *Cicer*

Цвет отражает принадлежность видов к определенному кластеру: оранжевый – II. Средиземноморско-Малоазиатский, красный – IV. Восточно-Переднеазиатский, синий – V. Центральноазиатский

Центральноазиатский кластер (V) наиболее богат в видовом отношении. Степень эндемизма достигает здесь 91 %, а видовое разнообразие представлено почти половиной всех известных видов. Стоит отметить практически отсутствующую связь данного кластера с остальными. Исключение составляют лишь два вида: *C. chorassanicum* (Bunge) Popov и *C. tragacanthoides* Jaub. & Spach. Первый встречается на севере и северо-востоке Ирана, тогда как основная часть его ареала приурочена к горной системе Гиндукуш и ее западным отрогам. Второй – напротив, распространен в основном на севере и западе Ирана, в горных системах Загрос и Эльбурс, но имеет единственное местонахождение в районе Панджаб в Центральном Афганистане.

Для V кластера характерны максимальные значения видового разнообразия на ячейку, достигающие таковых в Западном Памиро-Алае. В целом, Памиро-Алай является областью максимальной концентрации видов рода *Cicer*. Аналогичная картина наблюдается в роде *Gagea* Salisb., наряду с Западным Тянь-Шанем, Памиро-Алай – это один из центров современного разнообразия рода (Levichev, 1999). Эта горная система является одним из 35 мировых очагов видового разнообразия – Центрально-Азиатский очаг (Mittermeier et al., 2011). На Памиро-Алае, в пределах Таджикистана, более трети представленной флоры эндемично, наибольшее количество эндемичных видов – 297, относятся к семейству Leguminosae (Nowak et al., 2020a, b).

Несмотря на таксономическое богатство V кластера, судить о нем, как о центре происхождения рода, преждевременно. Наличие большого количества видов на определенной территории, можно обоснованно рассматривать лишь как показатель значительной давности этого поселения (Толмачев, 1974). На данный момент, мы лишь констатируем о существовании Центральноазиатского очага современного видового разнообразия рода *Cicer*. Вероятной причиной этому, может служить высокая степень разнообразия условий горной местности (Antonelli et al., 2018). Известно, что совокупность таких факторов, как разнообразие климатических условий, выраженная высотная поясность, и в целом высокая сложность топологической структуры, способствует эволюции и диверсификации видов (Badgley et al., 2017).

Выражаем искреннюю благодарность коллегам L.J.G. van der Maesen (Центр биоразнообразия Натуралис, Лейден, Нидерланды) за присланную монографию по роду *Cicer*; А.А. Кузнецову (Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия), М.Т. Бобоеву (Хатлонский научный центр НАНТ, Куляб, Таджикистан) и И.В. Татанову (Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия) за помощь в поиске некоторых редких литературных источников.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 19-04-00658.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аветисян З.Е. Род *Cicer* L., Нут // Флора Армении. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1962. Т. 4. С. 271–275.
- Безугла О.М., Кобизева Л.Н. Класифікація культурного виду нуту *Cicer arietinum* L. // Генетичні ресурси рослин. 2012. № 10–11. С. 75–81.
- Вишнякова М.А., Бурляева М.О., Булынецов С.В., Сеферова И.В., Плеханова Е.С. Местные сорта нута из центров происхождения культуры: разнообразие и различия // Сельскохозяйственная биология. 2017а. Т. 52, № 5. С. 976–985.
- Вишнякова М.А., Бурляева М.О., Булынецов С.В., Сеферова И.В., Плеханова Е.С., Нуждин С.В. Фенотипическое разнообразие местных сортов нута (*Cicer arietinum* L.) из центров происхождения культуры, сохраняемых в коллекции ВИР // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017б. Т. 21, № 2. С. 170–179.
- Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Определитель. Ростов н/Д: Изд-во Ростовск. ун-та, 1980. Т. 2. 352 с.
- Карягин И.И. Род *Cicer* L. – Нут – Нохуд // Флора Азербайджана. Баку: Изд-во АН Аз.ССР, 1954. Т. 5. С. 475–476.
- Короткова Е.Е. Род *Cicer* L. – Нут // Флора Узбекистана. Ташкент: Изд-во АН Уз.ССР, 1955. Т. 3. С. 750–756.
- Линчевский И.А. Род Нут – *Cicer* L. // Флора СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. 13. С. 386–406.
- Никитин В.В. *Cicer* L. – Нут // Флора Туркмении. Ашхабад: Изд-во Туркменского филиала АН СССР, 1950. Т. 4. С. 320–322.
- Никитина Е.В. Род *Cicer* L. – Нут // Флора Киргизской ССР. Определитель растений Киргизской ССР. Фрунзе: Изд-во АН Кирг.ССР, 1957. Т. 7. С. 427–430.
- Оразова А. Род Нут – *Cicer* L. // Флора Казахстана. Алма-Ата: Изд-во АН Каз.ССР, 1961. Т. 5. С. 450–453.
- Попов М.Г. Род *Cicer* и его виды. К проблеме происхождения средиземноморской флоры. (Опыт морфологической и географической монографии) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1929. Т. 21, № 1. С. 1–240.
- Пяк А.И. Род Нут – *Cicer* L. // Определитель растений Республики Алтай. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. С. 278
- Расулова М.Р., Шарипова Б.А. Новый вид рода *Cicer* L. из Таджикистана // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отд. биол. наук. 1992. № 1 (125). С. 51–52.
- Расулова М.Р., Шарипова Б.А. Род Нут – *Cicer* L. // Флора Таджикской ССР. Л.: Наука, 1978. Т. 5. С. 549–567.
- Сеферова И.В. Конспект системы рода *Cicer* (Fabaceae) // Бот. журн. 1995. Т. 80, № 8. С. 96–104.
- Сеферова И.В. Разновидности культурного нута – *Cicer arietinum* L. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1997. Т. 152. С. 9–18.
- Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. 244 с.
- Чехов В.П. Положение родов *Cicer* L., *Ononis* L., и *Arbus* L. в сем. Leguminosae Juss. подсем. *Papilionatae* Aschers. // Труды Биол. научно-исслед. ин-та. 1936. Т. 2. С. 71–98.
- Яковлев Г.П. Бобовые земного шара. Л.: Наука, 1991. 144 с.
- Abbo Sh., Shtienberg D., Lichtenzweig J., Lev-Yadun S., Gopher A. The chickpea, summer cropping, and a new model for pulse domestication in the ancient Near East // The Quarterly Review of Biology. 2003. Vol. 78, No 4. P. 435–448.
- Antonelli A., Kissling W.D., Flantua S.G.A., Bermúdez M.A., Mulch A., Muellner-Riehl A.N., Kreft H., Linder H.P., Badgley C., Fjeldsá J., Fritz S.A., Rahbek C., Herman F., Hooghiemstra H., Hoorn C. Geological and climatic influences on mountain biodiversity // Nature Geoscience. 2018. Vol. 11, No 10. P. 718–725.
- Badgley C., Smiley T.M., Terry R., Davis E.B., DeSantis L.R.G., Fox D.L., Hopkins S.S.B., Jezkova T., Matocq M.D., Matzke N., McGuire J.L., Mulch A., Riddle B.R., Roth V.L., Samuels J.X., Strömberg C.A.E., Yanites B.J. Biodiversity and topographic complexity: modern and geohistorical perspectives // Trends in Ecology and Evolution. 2017. Vol. 32, No 3. P. 211–226.
- Becker J.J., Sandwell D.T., Smith W.H.F., Braud J., Binder B., Depner J., Fabre D., Factor J., Ingalls S., Kim S-H., Ladner R., Marks K., Nelson S., Pharaoh A., Trimmer R., Von Rosenberg J., Wallace G., Weatherall P. Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30\_PLUS // Marine Geodesy. 2009. Vol. 32, No 4. P. 355–371.
- Bharadwaj C., Srivastava R., Chauhan S.K., Satyavathi C.T., Kumar J., Faruqui A., Yadav Sh., Rizvi A.H., Kumar T. Molecular diversity and phylogeny in geographical collection of chickpea (*Cicer* sp.) accessions // Journal of Genetics. 2013. Vol. 92, No 2. P. 94–100.
- Davies A.M.R., Maxted N., van der Maesen L.J.G. A natural infrageneric classification for *Cicer* (Leguminosae, *Cicereae*) // Blumea. 2007. Vol. 52, No 2. P. 379–400.
- Davis P.H. *Cicer* L. // Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1970. Vol. 3. P. 267–274.
- Dönmez A.A. *Cicer uludereensis* Dönmez: a new species of *Cicer* (Chickpea) (Fabaceae) from around the Fertile Crescent, SE Turkey // Turkish Journal of Botany. 2011. Vol. 35, No 1. P. 71–76.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. Available online: <http://www.fao.org/faostat/ru/> (Accessed: 21.08.2020).

- Furman J., Bagheri N.A. Phylogenetic diversity and relationship among annual *Cicer* species using random amplified polymorphic DNA markers // General and Applied Plant Physiology. 2009. Vol. 35, No 1–2. P. 3–12.
- Graham C.H., Hijmans R.J. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness // Global ecology and biogeography. 2006. Vol. 15, No 6. P. 578–587.
- IPNI. International Plant Names Index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. 2020. Published on the Internet: <http://www.ipni.org>. Retrieved: 07.08.2020.
- Javadi F., Wojciechowski M. F., Yamaguchi H. Geographical diversification of the genus *Cicer* (Leguminosae: Papilionoideae) inferred from molecular phylogenetic analyses of chloroplast and nuclear DNA sequences // Botanical Journal of the Linnean Society. 2007. T. 154, №. 2. P. 175–186.
- Javadi F., Yamaguchi H. Interspecific relationships of the genus *Cicer* L. (Fabaceae) based on *trnT*-F sequences // Theoretical and Applied Genetics. 2004. Vol. 109, No 2. P. 317–322.
- Kerem Z., Lev-Yadun S., Gopher A., Weinberg P., Abbo Sh. Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective // Journal of Archaeological Science. 2007. Vol. 34, No 8. P. 1289–1293.
- Khan R., Khan H., Farhatullah, Harada K. Evaluation of microsatellite markers to discriminate induced mutation lines, hybrid lines and cultigens in chickpea (*Cicer arietinum* L.) // Australian Journal of Crop Science. 2010. Vol. 4, No 5. P. 301–308.
- Ladizinsky G., Adler A. The origin of chickpea *Cicer arietinum* L. // Euphytica. 1976. Vol. 25, No 1. P. 211–217.
- Levichev I.G. Phytogeographical analysis of the genus *Gagea* Salisb. (Liliaceae) // Komarovia. 1999. Vol. 1. P. 45–57.
- Mittermeier R.A., Turner W.R., Larsen F.W., Brooks T.M., Gascon C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots // Biodiversity hotspots. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2011. P. 3–22.
- Natural Earth. Free vector and raster map data. 2020. Available from: <https://www.naturalearthdata.com> (Accessed: 21.08.2020).
- Nowak A., Nowak S., Nobis M. The Pamir-Alai Mountains (Middle Asia: Tajikistan) // Plant Biogeography and Vegetation of High Mountains of Central and South-West Asia. Cham: Springer, 2020a. P. 1–42.
- Nowak A., Świercz S., Nowak S., Hisorev H., Klichowska E., Wróbel A., Nobis A., Nobis M. Red List of vascular plants of Tajikistan – the core area of the Mountains of Central Asia global biodiversity hotspot // Scientific Reports. 2020b. Vol. 10. 6235.
- Ohri D., Pal M. The origin of chickpea (*Cicer arietinum* L.): karyotype and nuclear DNA amount // Heredity. 1991. Vol. 66, No 3. P. 367–372.
- Öztürk M. Türkiye *Cicer* L. (nohut) cinsinin morfolojik, palinolojik, sitotaksonomik, moleküler filogenetik kapsamda revizyonu ile tohum proteini ve element analizleri yönünden incelenmesi. Doktora tezi. Konya, 2011. 359 s.
- Öztürk M., Duran A., Hakki E.E. Cladistic and phylogenetic analyses of the genus *Cicer* in Turkey // Plant systematics and evolution. 2013. Vol. 299, No 10. P. 1955–1966.
- QGIS. Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2020. Available from: <http://www.qgis.org> (Accessed: 21.08.2020).
- Rechinger K.H. Leguminosae. Symbolae Afghanicae, 3 // Biologiske Skrifter udgivet af Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. 1957. Vol. 9, No 3. P. 1–208.
- Rubel F., Kottek M. Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification // Meteorologische Zeitschrift. 2010. Vol. 19, No 2. P. 135–141.
- Sammour R.H. Systematic position of the genus *Cicer* L. (Fabaceae) from data on DNA/DNA hybridization // Folia geobotanica et phytotaxonomica. 1991. Vol. 26, No 1. P. 95–100.
- Smykal P., Coyne C.J., Ambrose M.J., Maxted N., Schaefer H., Blair M.W., Berger J., Greene S.L., Nelson M.N., Besharat N., Vymyslický T., Toker C., Saxena R.K., Roorkiwal M., Pandey M.K., Hu J., Li Y.H., Wang L.X., Guo Y., Qiu L.J., Redden R.J., Varshney R.K. Legume crops phylogeny and genetic diversity for science and breeding // Critical Reviews in Plant Sciences. 2015. Vol. 34, No 1–3. P. 43–104.
- Stathi E., Kougioumoutzis K., Abraham E.M., Trigas P., Ganopoulos I., Avramidou E.V., Tani E. Population genetic variability and distribution of the endangered Greek endemic *Cicer graecum* under climate change scenarios // AoB Plants. 2020. Vol. 12. No 2. plaa007.
- Thiers B. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. 2020 [Continuously updated]. Available from: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (Accessed: 13.09.2020).
- Thulin M. Leguminosae of Ethiopia // Opera Botanica. 1983. Vol. 68. P. 1–223.
- Toker C.A. note on the evolution of kabuli chickpeas as shown by induced mutations in *Cicer reticulatum* Ladizinsky // Genetic Resources and Crop Evolution. 2009. Vol. 56, No 1. P. 7–12.
- Townsend C.C., Guest E. *Cicer* L. // Flora of Iraq. Baghdad: Ministry of Agriculture and Agrarian Reform of the Republic of Iraq, 1974. Vol. 3. P. 505–512.
- Van der Maesen L.J.G. *Cicer* // Flora Iranica: Flora des iranischen Hochlandes und der umrahmenden Gebirge, Persien, Afghanistan, Teile von West-Pakistan, Nord-Iraq, Azerbaidjan, Turkmenistan. Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt. 1979. Vol. 140. P. 1–15.
- Van der Maesen L.J.G., Maxted N., Javadi F., Coles S., Davies A.M.R. Taxonomy of the genus *Cicer* revisited // Chickpea breeding and management. Wallingford : CABI Publishing, 2007. P. 14–46.
- Van der Maesen, L.J.G. Origin, history, and taxonomy of chickpea // The Chickpea. UK : CAB International Publications, 1987. P. 11–34.
- Van der Maesen L.J.G. *Cicer* L., a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and cultivation. PhD Theses. Wageningen, 1972. 342 p.
- Varshney R.K., Thudi M., Roorkiwal M., He W., Upadhyaya H.D., Yang W., Bajaj P., Cubry Ph., Rathore A., Jian J., Doddamani D., Khan A.W., Garg V., Chitkineni A., Xu D., Gaur P.M., Singh N.P., Chaturvedi S.K., Nadigatla G.V.P.R., Krishnamurthy L., Dixit G.P., Fikre A., Kimurto P.K., Sreeman Sh.M., Bharadwaj Ch., Tripathi Sh., Wang J., Lee S.-H., Edwards D., Polavarapu K.K.B., Penmetsa R.V., Crossa J., Nguyen H.T., Siddique K.H.M., Colmer T.D., Sutton T., von Wettberg E., Vigouroux Y., Xu X., Liu X. Resequencing of 429 chickpea accessions from 45 countries provides insights into genome diversity, domestication and agronomic traits // Nature genetics. 2019. Vol. 51, No 5. P. 857–864.
- Weiss E., Zohary D. The Neolithic Southwest Asian founder crops: their biology and archaeobotany // Current Anthropology. 2011. Vol. 52, No 4. P. 237–254.
- Zohary D., Weiss E., Hopf M. Pulses // Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. Oxford : Oxford University Press, 2012. P. 75–99.

## Находки новых видов сосудистых растений в пос. Тикси (Арктическая Якутия)

Е.Г. Николин<sup>1,2</sup>, И.А. Якшина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН Институт биологических проблем криолитозоны ФИЦ ЯНЦ СО РАН, Якутск, Россия; enikolin@yandex.ru

<sup>2</sup> ФГУ Государственный природный заповедник «Усть-Ленский», пос. Тикси, Россия; i\_yakshina@rambler.ru

**Аннотация.** Приведены сведения о распространении в окрестностях пос. Тикси 18 новых для этой конкретной флоры видов сосудистых растений, большинство из которых являются заносными на территории подсобного хозяйства. Подтверждено распространение здесь 7 видов, известных ранее, но не вошедших в современный список. Сделаны некоторые таксономические уточнения и уточнения распространения отдельных таксонов. По итогам литературных данных и новых находок в составе этой конкретной флоры насчитывается 326 видов.

**Ключевые слова:** конкретная флора, сосудистые растения, разнообразие, вид, Арктическая Якутия, поселок Тикси.

## Findings of new vascular plant species in Tiksi settlement (Arctic Yakutia)

E.G. Nikolin<sup>1,2</sup>, I.A. Yakshina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of biological problems of kriolitozone Yakutian scientific centre of SB RAS, Yakutsk, Russia; enikolin@yandex.ru

<sup>2</sup> State Nature reserve «Ust-Lenskiy», Tiksi, Russia; i\_yakshina@rambler.ru

**Abstract.** The article provides information about the distribution of 18 new vascular plant species in the vicinity of Tiksi settlement. Most of them are imported on the territory of a collective farm. The distribution of 7 species known earlier, but not included in the modern list, has been confirmed. Some taxonomic clarifications and clarifications of the distribution of individual species are made. According to the results of literature data and new findings, there are 326 species in this concrete flora.

**Keywords:** concrete flora, vascular plants, diversity, species, Arctic Yakutia, Tiksi settlement.

Первичные сведения о составе флоры заполярного пос. Тикси, базирующиеся на материалах Б.А. Тихомирова, В.В. Петровского и Б.А. Юрцева (Тихомиров и др., 1966), периодически обновляются (Секретарева, Сытин, 2006; Николин, Якшина, 2017 а, б).

В основном это связано с инвазией в Арктику новых, преимущественно бореальных видов. Хронология выявления разнообразия конкретной флоры Тикси следующая: По данным Б.А. Тихомирова и др. (1966), общий состав флоры насчитывал 281 вид. Н.А. Секретарева и А.К. Сытин (2006) уточнили список. На дату их публикации в него вошло 252 вида (некоторые из отмеченных ранее не подтверждены; приведено 11 заносных видов). Нами (Николин, Якшина, 2017 а, б) на дату публикации флора окр. Тикси пополнена на 49 видов (с учетом предшествующих литературных данных – 301 вид). За прошедший после нашей последней статьи период появились новые находки сосудистых растений в данной местности и некоторые уточнения, которые мы представляем в данной работе:

× *Elytrordeum* Nyl. – найден в поселке, на перекрестке улиц Первомайская и 50 лет СМП, на окраине заросли *E. repens* (L.) Nevski.

*Iris setosa* Pall. ex Link – отмечен как уникум (вегетативно) в бурьянной растительности на территории заброшенного подсобного хозяйства.

*Salix glauca* L. – редкий в этой местности вид, ранее указывался для долин рек и ручьев (Тихомиров и др., 1966), позднее, только для северо-восточного склона горы Лялькин пуп (Секретарева, Сытин, 2006). Нами отмечен в придорожной растительности на южной окраине пос. Тикси.

*Betula pendula* Roth. – одиночный низкий куст отмечен на южной окраине поселка, на обочине дороги, ведущей к обсерватории ИКФиА СО РАН. Ранее нами ошибочно указан, как *B. alba* L. (Николин, Якшина, 2017 а, б), что было связано с неверной трактовкой этих видов в Определителе высших растений Якутии (1974).

*Rumex acetosa* L. subsp. *lapponicus* Hiit. – встречается наряду с другим подвидом – *R. acetosa* subsp. *pseudooxyria* Tolm., в тех же сообществах (преимущественно в щелюстных тундрах) и не реже последнего.

*R. thyrsoflorus* Fingerh. – единично в бурьянной растительности на территории подсобного хозяйства.

*Montia fontana* L. – подтверждаем современное произрастание выявленного ранее (Тихомиров и др., 1966) распространения вида в южной оконечности залива Булункан: плавник, приморские илистые



отложения, разнотравно-бескильницевые луга. Растения очень мелкие (1,0-1,5 см выс.), но массовые, обычно включаются в дернины более крупных видов.

*Stellaria crassifolia* Ehrh. – подтверждаем современное произрастание выявленного ранее (Арктическая флора СССР, 1971) распространения вида: бурьянная растительность на территории подсобного хозяйства. Обильно в нижнем ярусе сырого травостоя; в массовом порядке отмечаются цветущие растения.

*Caltha palustris* L. s.l. – редко, в поселке и в естественных сообществах, по берегам мелких водотоков: собран в русле ручейка, истекающего из южной оконечности оз. Диринг-Кюель. По морфологическим критериям более всего соответствует подвиду *C. palustris* subsp. *membranacea* (Turcz.) Hult.

*Coptidium pallasii* (Schltdl.) Tzvel. (*Ranunculus pallasii* Schlecht.) – подтверждаем современное произрастание выявленного ранее (Тихомиров и др., 1966; Арктическая флора СССР, 1971) распространения вида: отмечен в одном сообществе с *Caltha palustris*, в русле ручейка, истекающего из южной оконечности оз. Диринг-Кюель.

*Pulsatilla angustifolia* Turcz. – единичные цветущие (11.07.2017 г.) растения на щебнистой осыпи в пределах территории подсобного хозяйства.

*Ranunculus acris* L. – там же, часто, местами обильно, в бурьянной растительности, преимущественно на сырых участках. Ранее нами ошибочно был принят за *R. propinquus* subsp. *turneri* (Greene) Jelen et Derviz-Sokol. (Николин, Якшина, 2017 а, б).

*Papaver minutiflorum* Tolm. – нередко встречается в рудеральной растительности по обочинам дорог и на пустырях пос. Тикси.

*P. paucistaminum* Tolm. et Petrovsky – редко, в разнотравно-кустарничковых тундрах у обсерватории ИКФиА СО РАН, близ оз. Себастьян-Кюель и в рудеральной растительности поселка Тикси. По последним данным ареал *P. paucistaminum* от Чукотки доходит до низовий р. Лена (Петровский, Секретарева, 2010).

*Parnassia palustris* L. subsp. *neogaea* (Fern.) Hulten – отмечен на обочине дороги, у развилки на аэропорт и подсобное хозяйство.

*Potentilla anserina* L. s. str. – изредка встречается в рудеральной растительности на территории подсобного хозяйства.

*P. arenosa* (Turcz.) Juz. – там же, рассеянно. Вид известный с низовий р. Лена, в пос. Тикси отмечен впервые.

*P. × borealis* Soják (*P. anachoretica* Soják × *P. arenosa* (Turcz.) Juz.) – там же, на алевролитовой осыпи, редко; одиночное растение отмечено напротив жилого дома № 2 по ул. Трусова, в рудеральной растительности у магистральной линии теплоснабжения. Ранее нами ошибочно был принят за *P. multifida* L. (Николин, Якшина, 2017 а, б).

*Astragalus tolmacevii* Jurtz. – подтверждаем современное произрастание выявленного ранее (Арктическая флора..., 1986) распространения вида: скальный останец в котловине оз. Себастьян-Кюель, среди разнотравно-кустарничковой щебнистой тундры и на щебнистой осыпи под скалой.

*Oxytropis arctica* R. Br. subsp. *taimyrensis* Jurtz. – рудеральная растительность у заброшенного здания Угольной компании. Ранее указывался только для южного берега оз. Себастьян-Кюель (Тихомиров и др., 1966; Секретарева, Сытин, 2006).

*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub – образует заросли на территории подсобного хозяйства; отмечен также в поселке, в придорожной растительности на обочине у перекрестка улиц Первомайская и 50 лет СМП. Ранее единичные растения отмечались только в районе аэропорта (Секретарева, Сытин, 2006).

*Ledum palustre* L. var. *angustum* N. Busch. – разнотравно-кустарничковая тундра на западной окраине пос. Тикси, в основании увала у озера с водозабором.

*Gentianopsis barbata* (Froel.) Ma – кроме территории подсобного хозяйства, изредка встречается на пустырях в поселке.

*Castilleja arctica* Kryl. et Serg. – нередко в поселке Тикси. Указание на распространение здесь *C. caudata* (Pennel.) Rebr. (Секретарева, Сытин, 2006) считаем ошибочным (Николин, 2017), относим к этому виду.

*Limosella aquatica* L. – приморские илистые отложения в южной оконечности залива Булункан, в небольшом по площади (около 1 м<sup>2</sup>) сообществе нитчатых водорослей, и разреженных сосудистых растений. 04.08.2016 г. находился в фазе вегетации.

*Pedicularis pennelli* Hult. – подтверждаем современное произрастание выявленного ранее (Тихомиров и др., 1966; Арктическая флора СССР, 1980) распространения вида: нередко, осоковые и осоково-пушицевые болота между озерами Диринг-Кюель и Себастьян-Кюель.

*P. venusta* Schang. ex Bunge – рудеральная растительность на территории подсобного хозяйства; западная окраина пос. Тикси, обочина дороги уходящей на аэропорт, у мостика через ручей. 02.08.2017 г. находился в фазе цветения.

*Galium ruthenicum* Willd. – рудеральная растительность на территории подсобного хозяйства.

*Valeriana alternifolia* Ledeb. – там же, единичные вегетирующие растения. Ранее нами был ошибочно приведен как *V. transjensisensis* Kreyer (Николин, Якшина, 2017 а, б). При более детальном изучении установлено, что на прошлогоднем генеративном побеге сохранились волоски длиной до 0,7 мм, а листья снизу рыхло и коротко опушены.

*Artemisia czekanovskiana* Trautv. – скальные останцы в котловине оз. Себастьян-Кюель и заносное на щебнистом участке дороги близ обсерватории ИКФиА СО РАН.

*A. leucophylla* (Bess.) Turcz. ex Clarke – кроме подсобного хозяйства, встречен также в поселке, на обочине дороги, близ перекрестка улиц Первомайская и Морская.

*Ptarmica salicifolia* (Bess.) Serg. – подтверждаем современное произрастание выявленного ранее (Арктическая флора ..., 1987) распространения вида: бурьянная растительность на территории подсобного хозяйства. 02.08.2017 г. находился в фазе вегетации.

*Tanacetum vulgare* subsp. *boreale* (Fisch. ex DC.) A. et D. Love – подтверждаем современное произрастание выявленного ранее (Арктическая флора ..., 1987) распространения вида: единичные растения отмечены на территории подсобного хозяйства. 02.08.2017 г. замечена розетка листьев и собран прошлогодний генеративный побег.

В итоге мы подтверждаем распространение в конкретной флоре окрестностей пос. Тикси известных ранее, но исключенных из списков 7 видов и приводим сведения о находке еще 18 видов (не считая уточнений таксономических и новых местонахождений). Соответственно на данный момент времени в составе этой флоры можно считать 326 видов сосудистых растений.

*Работа выполнена в рамках проекта № АААА-А17-117020110056-0 «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии».*

*Выражаем глубокую признательность сотруднице заповедника Е.М. Палеевой и ее супругу И.В. Палееву – любителям природы, первыми обнаружившим местообитания многих новых для флоры Тикси растений и всемерно способствовавшим их исследованию.*

#### ЛИТЕРАТУРА

Арктическая флора СССР. М. ; Л. : Наука, 1960–1987. Вып. 1–10.

Николин Е.Г. Заметки о роде *Castilleja* (Scrophulariaceae) в Республике Саха (Якутия) // Растительный мир Азиатской России, 2017. № 4 (28). С. 30–41.

Николин Е.Г., Якшина И.А. Внедрение бореальных элементов флоры в арктическую Якутию (пос. Тикси) // Экологический вестник Северного Кавказа. 2017а. Т. 13, № 3. С. 36–37.

Николин Е.Г., Якшина И.А. Инвазия чужеродных видов растений в арктические экосистемы пос. Тикси (Якутия) // Изучение адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: итоги, проблемы, перспективы: материалы V международной научной конференции (Ижевск, 6–8 сентября 2017 г.). Москва ; Ижевск : АНО «Ижевский институт компьютерных исследований», 2017б. С. 141–144.

Определитель высших растений Якутии. Новосибирск : Наука, 1974. 544 с.

Петровский В.В., Секретарева Н.А. К флоре горной части Усть-Ленского заповедника и сопредельных территорий (Республика Саха) // Бот. журн. 2010. Т. 95, № 10. С. 1396–1421.

Секретарева Н.А., Сытин А.К. Мониторинг флоры окрестностей бухты Тикси (Арктическая Якутия) // Бот. журн. 2006. Т. 91, № 1. С. 3–22.

Тихомиров Б.А., Петровский В.В., Юрцев Б.А. Флора окрестностей бухты Тикси (Арктическая Якутия) // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М. ; Л. : Наука, 1966. Вып. 6. С. 7–39.

## Некоторые итоги изучения мятликов (*Poa* L.) секции *Stenopoa* Dumort. на территории внетропической Азии

М.В. Олонова, Т.С. Высоких

Томский государственный университет, Томск, Россия; [olonova@list.ru](mailto:olonova@list.ru)

**Аннотация.** Исследование показало, что секция *Stenopoa* Dumort рода *Poa* L. во внетропической Азии представлена 50 видами.

**Ключевые слова:** *Poa*, Азия, распространение.

## Some results of research of the bluegrasses (*Poa* L.) of section *Stenopoa* Dumort in extratropical Asia

M.V. Olonova, T.S. Vysokikh

Tomsk State University, Tomsk, Russia; [olonova@list.ru](mailto:olonova@list.ru)

**Abstract.** The research has shown, that the section *Stenopoa* Dumort of the genus *Poa* L. are presented in extratropical Asia by 50 species.

**Key words:** *Poa*, Asia, distribution.

Изучение и сохранение биоразнообразия как основы стабильного функционирования биосферы является одной из актуальных проблем современности. Оценка фиторазнообразия является фундаментальной основой всех дальнейших ботанических исследований. Сложная геологическая история изучаемой территории, повлекшая за собой существенные изменения климата, нередко приводила не только к изменениям ареалов растений, но и сдвигам растительных зон. Это послужило причиной массовых гибридизаций, в частности, у злаков, и к образованию сложных надвидовых комплексов, многочисленные и разнообразные члены которых имеют в настоящее время неясное родство и таксономический статус.

Целью нашего исследования было выявление особенностей размещения агростофлоры на примере модельной группы. В качестве модели были выбраны мятлики (*Poa* L.) секции *Stenopoa* Dumort. В связи с поставленной целью определены следующие задачи: а) выявление видового состава изучаемой группы на территории внетропической Азии; б) уточнение их распространения, включая гибридогенные виды и комплексы на территории Азиатской России и сопредельных стран.

Основой для исследования видового состава и выявления местонахождений таксонов послужили материалы фондовых коллекций Гербариев АА, АЛТВ, АТ, ВГ, ВРУ, С, СДБИ, Е, НАЛ, ИРК, ИРКУ, К, КНОР, КУН, КУЗ, Л, ЛЕ, М, МАГ, МНА, МО, МВ, NS, NSK, NE, О, РЕ, РУУ, SASY, SZ, TAD, ТК, TASH, UPS, US, UTC, UUN, UUDE, VLAD, XJA, XJBI, XJNU, а также коллекции, любезно представленные R. Soreng (США), G. Miede (Германия) и Е.Б. Поспеловой (Россия). Использовались также материалы, включающие фотографии и координаты местонахождений из баз данных GBIF и Цифрового гербария МГУ (Moscow Digital Herbarium, <https://plant.depo.msu.ru/>), в случаях, когда видовая принадлежность образца не вызывала сомнений, а также надежные литературные источники, содержащие точечные карты местонахождений – Арктическая Флора СССР (Цвелев, 1964), Флора Центральной Сибири (Пешкова, 1979), Растения Советского Дальнего Востока (Пробатова, 1985, 2006), Флора Сибири (Олонова, 1990). Поскольку объем материалов очень велик, а иногда вызывает сомнение и таксономический статус того или иного вида, работа эта не завершена и будет продолжена.

Исследования показали, что с учетом современного уровня изученности на территории Азии секция представлена следующими видами: *Poa nemoralis*, *P. intricata*, *P. urssulensis*, *P. krylovii*, *P. sichotensis*, *P. hylobates*, *P. faberi*, *P. stepposa*, *P. skvortzovii*, *P. relaxa*, *P. ochotensis*, *P. botryoides*, *P. argunensis*, *P. varia*, *P. orinosa*, *P. shoenites*, *P. inserta*, *P. attenuata*, *P. dahurica*, *P. albertii*, *P. koelzii*, *P. poophagorum*, *P. lahulensis*, *P. arnoldii*, *P. zhirmunskii*, *P. verae* и *P. vorobievii*, а также *P. jamaliensis*, *P. tenkensis*, *P. ajanensis*, *P. selemdzhenensis*, *P. fisheri*, *P. orientisibirica*, *P. arsenjevii*, *P. vorobievii*, *P. zhirmunskii*, *P. verae*, *P. gnutikovii*, *P. kurinika*, *P. pseudodahurica*, *P. glauca*, *P. altaica*, *P. pseudoaltaica*, *P. scabriculumis*, *P. rangkulensis*, *P. litvinoviana*, *P. tanfiljevii*, *P. arctoste*. Задача осложняется тем, что обширные гербарные материалы из Китая практически не доступны для использования, поскольку нередко содержат весьма скудную информацию, притом на китайском языке, т.е. по этикетке можно определить только провинцию.

В результате было уточнено распространение следующих видов секции: *Poa palustris*, *P. nemoralis*, *P. intricata*, *P. urssulensis*, *P. krylovii*, *P. sichotensis*, *P. hylobates*, *P. faberi*, *P. stepposa*, *P. skvortzovii*, *P. relaxa*, *P. ochotensis*, *P. botryoides*, *P. argunensis*, *P. varia*, *P. orinosa*, *P. shoenites*, *P. insterta*, *P. attenuata*, *P. dahurica*, *P. albertii*, *P. koelzii*, *P. poophagorum*, *P. lahulensis*, *P. arnoldii* (рис. 1–4).

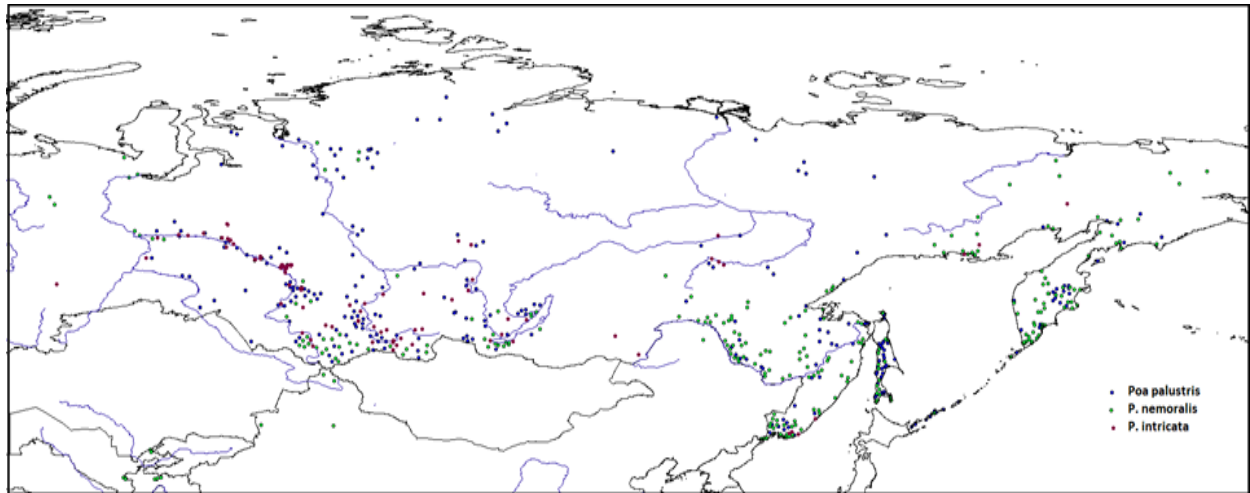


Рис. 1. Распространение мятликов I эколого-эволюционной группы секции *Stenopoa* на территории Азии

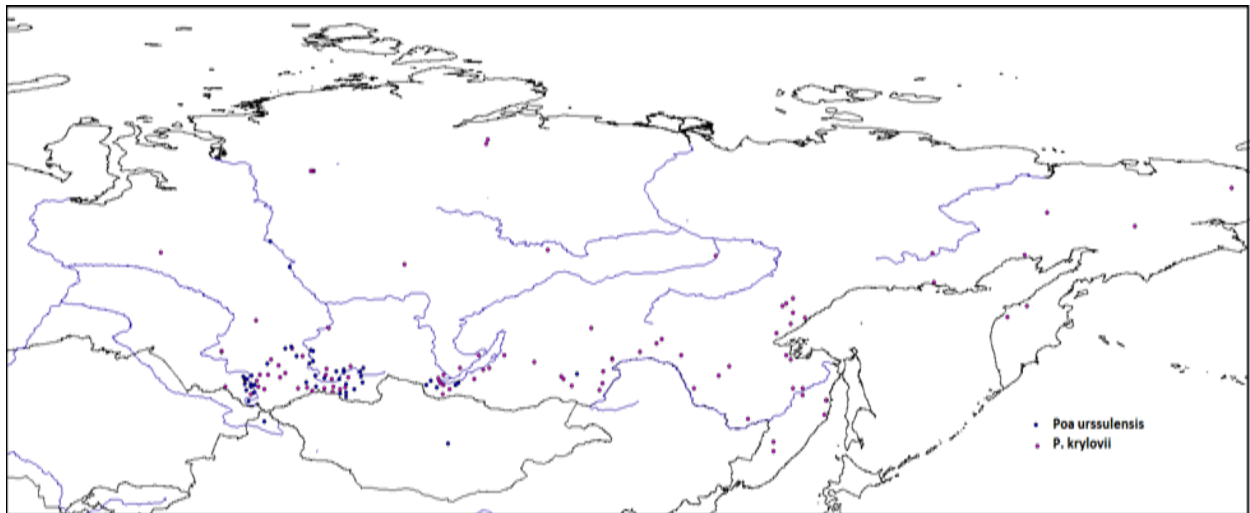


Рис. 2. Распространение мятликов II эколого-эволюционной группы секции *Stenopoa* на территории Азии

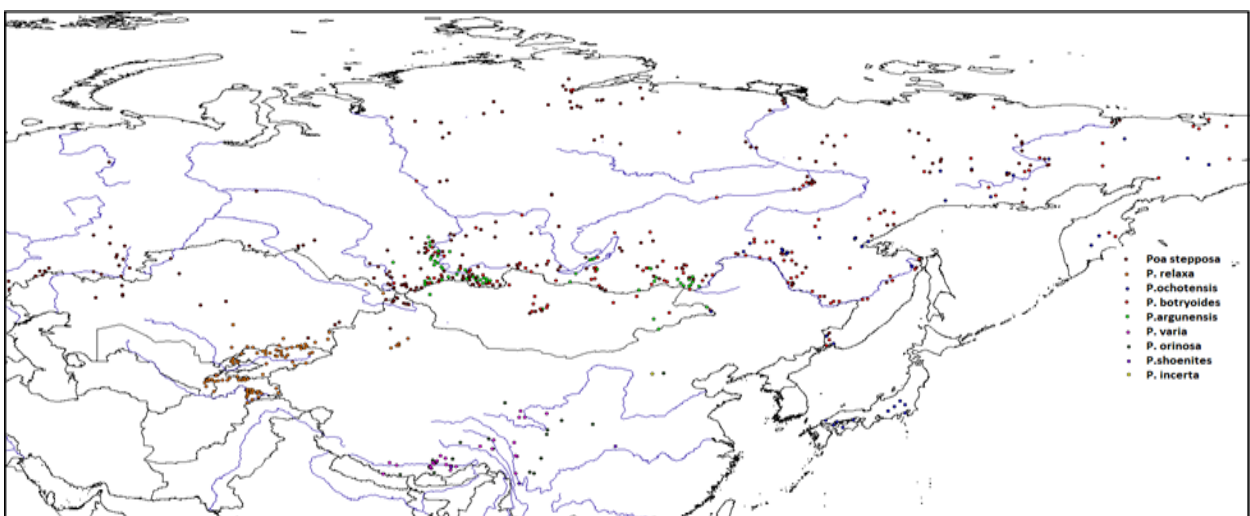


Рис. 3. Распространение мятликов III эколого-эволюционной группы секции *Stenopoa* на территории Азии

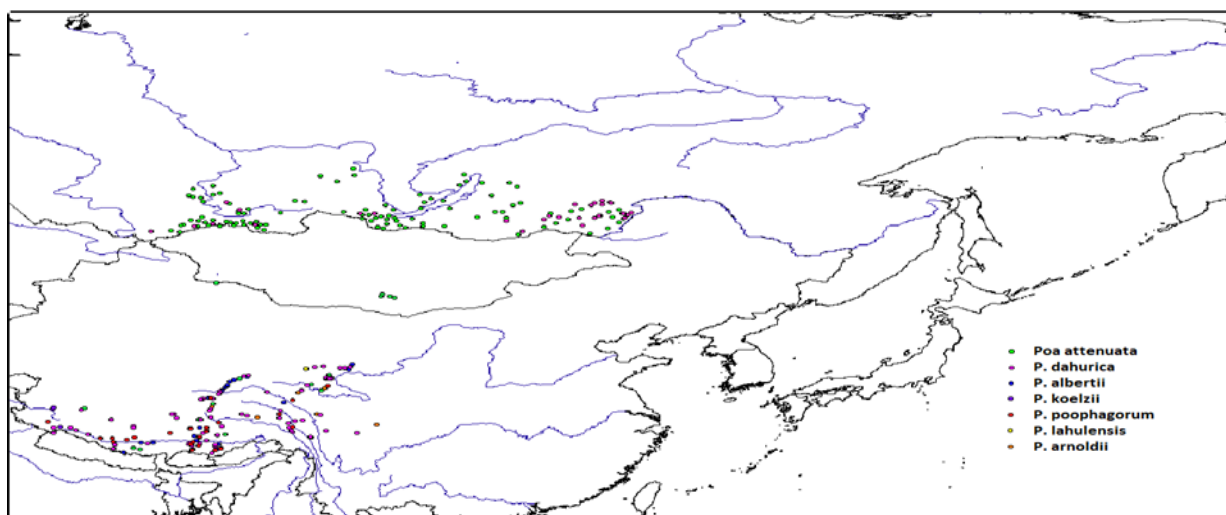


Рис. 4. Распространение мятликов IV эколого-эволюционной группы секции *Stenopoa* на территории Азии

При этом существенно дополнены данные по распространению *P. realxa* и *P. nemoralis* на территории Средней Азии, *P. skvortzovii*, *P. ochotensis* и *P. sichotensis* на Дальнем Востоке, обнаружены новые местонахождения узкоэндемичных *P. zhirmunskii*, *P. verae* и *P. vorobievii*, а также несколько необычных морф, таксономическая принадлежность которых уточняется. Оцифрованы данные по распространению *P. hylobates*, *P. faberi*, *P. relaxa*, *P. ochotensis*, *P. varia*, *P. orinosa*, *P. shoenites*, *P. insterta*, *P. albertii*, *P. koelzii*, *P. poophagorum*, *P. lahulensis* и *P. arnoldii*. Установлены координаты местонахождений для *P. klokovii*, *P. jamaliensis*, *P. tenkensis*, *P. ajanensis*, *P. selemdzhensis*, *P. fisheri*, *P. austrouralensis*, *P. kulikovii*, *P. arsenjevii*, *P. vorobievii*, *P. zhirmunskii*, *P. verae*, *P. gnutikovii*, *P. kurinika* и *P. pseudodahurica*.

Авторы благодарят кураторов Гербариев AA, ALTB, AT, BG, BRY, C, CDBI, E, HAL, IRK, IRKU, K, KHOR, KUN, KUZ, L, LE, M, MAG, MHA, MO, MW, NS, NSK, NE, O, PE, PYU, SASY, SZ, TAD, TK, TASH, UPS, US, UTC, UUH, UUDE, VLAD, XJA, XJBI, XJNU за предоставленную возможность работы с коллекциями.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 19-04-00973.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Олонова М.В. *Poa* L.– Мятлик // Флора Сибири. Новосибирск : Наука, 1990. Т. 2. С. 163–186.
- Пешкова Г.А. Семейство Poaceae, или Gramineae – Мятликовые, или Злаки // Флора Центральной Сибири. Новосибирск : Наука, 1979. Т. 1. С. 69–139.
- Пробатова Н.С. Семейство мятликовые или злаки // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Л. : Наука, 1985. Т. 1. С. 89–382.
- Пробатова Н.С. Род мятлик – *Poa* L. // Флора российского Дальнего Востока: Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 1–8 (1985–1996)». Владивосток : Дальнаука, 2006. С. 352–367.
- Цвелев Н.Н. *Poa* L.– Мятлик // Арктическая флора СССР. М. ; Л. : Наука, 1964. Вып. 2. С. 112–162.

## Климатический аспект усыхания *Abies sibirica* Ledeb. в горах Восточного Саяна

И.А. Петров<sup>1</sup>, А.С. Шушпанов<sup>1,3</sup>, С.Т. Им<sup>1,2,3</sup>, А.С. Голюков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия; [institute\\_forest@ksc.krasn.ru](mailto:institute_forest@ksc.krasn.ru)

<sup>2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; [office@sfu-kras.ru](mailto:office@sfu-kras.ru)

<sup>3</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий им. М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия; [info@sibsau.ru](mailto:info@sibsau.ru)

**Аннотация.** В работе рассмотрен климатический отклик радиального прироста пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) в зонах усыхания темнохвойных древостоев на северных отрогах гор Восточного Саяна. Исследование проведено на основе выборки из 203 деревьев пихты. Измерение ширины годичных колец и построение древесно-кольцевых хронологий проводилось согласно общепризнанным дендрохронологическим методикам. Полученные индивидуальные древесно-кольцевые хронологии были разделены на две группы по признакам жизненного состояния деревьев и трендам радиального прироста за последние десятилетия. Установлено, что значимые различия радиального прироста наблюдаются после засухи 1999 года. Сравнение индексов радиального прироста с индексами SPEI показало, что спады радиального прироста совпадают со снижением уровня атмосферного увлажнения и повышением чувствительности деревьев к атмосферным засухам. Атмосферная засуха, вызвавшая снижение радиального прироста, также предшествовала возрастанию смертности пихты и вспышке массового размножения *Polygraphus proximus* Blandford.

**Ключевые слова:** усыхание пихты, изменения климата, *Abies sibirica*, *Polygraphus proximus*, водный стресс.

## Climatic aspect of fir (*Abies sibirica* Ledeb.) mortality in the Eastern Sayan Mountains

I.A. Petrov<sup>1</sup>, A.S. Shushpanov<sup>1,3</sup>, S.T. Im<sup>1,2,3</sup>, A.S. Golyukov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia; [institute\\_forest@ksc.krasn.ru](mailto:institute_forest@ksc.krasn.ru)

<sup>2</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; [office@sfu-kras.ru](mailto:office@sfu-kras.ru)

<sup>3</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia; [info@sibsau.ru](mailto:info@sibsau.ru)

**Abstract.** The study considers the climatic response of fir (*Abies sibirica* Ledeb.) radial increment in the zones of dark coniferous decline on the northern spurs of the Eastern Sayan Mountains. Radial increment of 203 fir trees was analyzed. The measurement of the tree ring width and the development of tree-ring chronologies were carried out according to the generally recognized dendrochronological methods. The individual tree-ring chronologies obtained were divided into two groups according to the characteristics of the vital state of trees and radial increment trends over the past decades. It was found that significant differences in radial increment were observed after the drought in 1999. Comparison of the radial increment indices with the SPEI showed that the depression in radial increment coincide with a decrease in the level of atmospheric moisture and an increase in the sensitivity of trees to atmospheric droughts. Atmospheric drought, which caused a decrease in radial increment, also preceded an increase in fir mortality and an outbreak of *Polygraphus proximus* Blandford.

**Key words:** fir decline, climate change, *Abies sibirica*, *Polygraphus proximus*, water stress.

Усыхание пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) в Сибири приобрело катастрофический характер. По состоянию на 2017 год усыхание зафиксировано на 75% площади пихтарников (Харук и др., 2019). Основной причиной усыхания является активизация короёда *Polygraphus proximus* Blandford. (Кривец и др., 2015) на фоне возрастания температуры и аридизации климата.

Цель работы: оценить климатический отклик радиального прироста деревьев *Abies sibirica* на происходящие климатические изменения в зонах усыхания темнохвойных древостоев на северных отрогах гор Восточного Саяна.

### Объект и методы исследований

В работе анализировались данные о радиальном приросте 203 деревьев пихты сибирской. Образцы древесины в виде кернов отбирались на 23 временных пробных площадях в зонах усыхания древостоев. Обработка древесных кернов проводилась с применением общепризнанной дендрохронологической методики (Speer, 2010). Проверка качества перекрёстной датировки проводилась в программе COFECOA. Для построения индексированных древесно-кольцевых хронологий использовалась программа ARSTAN. Итоговый набор временных рядов ширины годичных колец был разделён на две группы на основе полевых описаний жизненного состояния деревьев и трендов радиального прироста за последние десятилетия. Далее полученные древесно-кольцевые хронологии сравнивались с параметрами атмосферного увлажнения (индекс SPEI; <http://sac.csic.es/spei>) для определения климатического отклика.

## Результаты

Радиальный прирост (РП) пихты возрастал с середины 1950-х до середины 1980-х с замедлением РП в середине 1970-х до начала 1980-х (рис. 1). После 1985 года наблюдается снижение РП с разделением выборки на «живые» и «усыхающие» деревья. Значимое разделение выборки по параметру РП начинается с 1999 года: «усыхающие» деревья значительно отстают по ширине годичных колец от «живых» и сохраняют отрицательный тренд, в то время как «живые» деревья восстанавливают значения РП до уровня середины 1980-х. В конце 2000-х как у «живых», так и у «усыхающих» деревьев снова фиксируется существенный спад РП, хотя индексы ширины годичных колец у группы «живых» значительно выше. Резкое падение РП фиксируется после 2012 года и совпадает со значительным увеличением смертности деревьев.

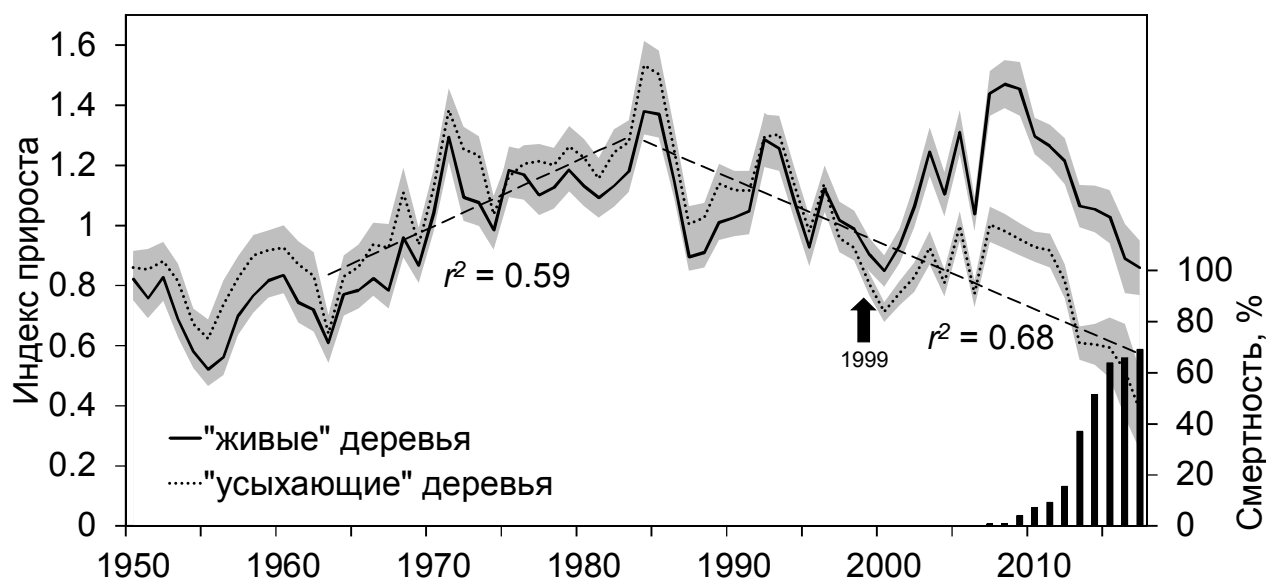


Рис. 1. Древесно-кольцевые хронологии когорт «живых» (N = 105) и «усыхающих» (N = 97) деревьев пихты. Смертность деревьев (процент погибших) указана столбцами. Доверительный интервал ( $p < 0,05$ ) отмечен серым фоном. Стрелкой отмечен год разделения «живых» и «усыхающих» деревьев

Снижение РП в середине 1970-х и начале 1990-х совпадают с сильными атмосферными засухами (рис. 2, а). В 1999 году наблюдается локальный минимум атмосферного увлажнения, который совпадает с точкой разделения древесно-кольцевых хронологий. Возрастание смертности и существенный спад РП наблюдаются после засух 2011–2012 гг.

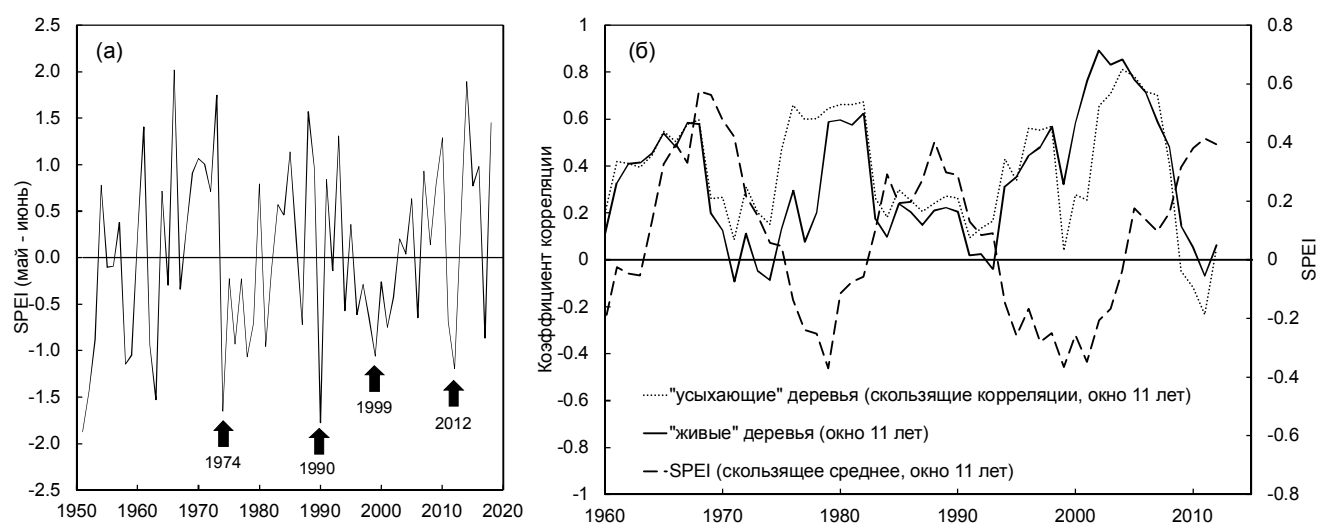


Рис. 2. (а) – динамика индекса SPEI (май – июнь), стрелками отмечены года сильных атмосферных засух, (б) – сравнение скользящих коэффициентов корреляций между индексами радиального прироста и SPEI (окно 11 лет) со скользящим 11-летним средним SPEI (май – июнь)

Дендроклиматический анализ древесно-кольцевых хронологий пихты в зоне усыхания темнохвойных на северных отрогах Восточного Саяна (рис. 2, б) позволил установить периоды возрастания связи РП и индексов SPEI начала сезона вегетации (май – июнь): 1971–1987 ( $r = 0,6$ ) и 1992–2012 ( $r = 0,63$ ). Данные периоды характеризуются спадом уровня атмосферного увлажнения: сравнение 11-летнего скользящего коэффициента корреляции и 11-летней средней SPEI указывают на то, что связь становится значимой в тот период, когда 11-летнее среднее SPEI приобретает отрицательный знак (что свидетельствует о сильных повторяющихся засухах). Ослабление деревьев, вызванное водным стрессом из-за снижения атмосферного увлажнения и повышения засушливости климата, предшествовало вспышке массового размножения уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus*), которая к настоящему моменту приобрела катастрофические масштабы.

**Выводы:**

– РП пихты существенно замедляется после 1985 года на фоне возрастания засушливости климата. После засухи 1999 года наблюдается разделение деревьев по уровню РП: часть деревьев восстанавливает РП до уровня 1985 года, другая часть деревьев продолжает снижать РП и постепенно отмирает.

– После засухи 2012 года зафиксировано резкое возрастание смертности пихты и синхронное снижение индексов РП у обеих групп.

– Снижение индексов РП пихты совпадает с периодами атмосферных засух и возрастанием чувствительности РП к индексам SPEI.

– Вспышке массового размножения уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus*) предшествовала атмосферная засуха, вызвавшая снижение РП и ухудшение жизненного состояния пихты.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований: проект № 18-45-240003 «Пространственно-временная динамика, раннее обнаружение и картографирование усыхающих темнохвойных древостоев Средней Сибири на основе материалов дистанционного зондирования» и проект № 18-05-00432 «Воздействие изменений климата на леса Сибири: анализ горимости лесных территорий, величины прироста хвойных пород, жизненного состояния и продуктивности древостоев».*

ЛИТЕРАТУРА

- Харук В.И., Шушпанов А.С., Петров И.А., Демидко Д.А., Им С.Т., Кнорре А.А. Усыхание *Abies sibirica* Ledeb. в горных лесах Восточного Саяна // Сибирский экологический журнал. 2019. № 4. С. 369–382.
- Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytin ae) в Сибири // Изв. СПб. лесотехн. акад. 2015. Вып. 211. С. 190–211.
- Speer J.H. Fundamentals of Tree-Ring Research. University of Arizona Press, 2010. 509 p.



## Ценопопуляции *Calypso bulbosa* в национальном парке «Красноярские Столбы»

Д.Ю. Полянская

Национальный парк «Красноярские Столбы», Красноярск, Россия; nau-stolby@yandex.ru

**Аннотация.** Приводятся краткие материалы постоянных наблюдений за орхидеей *Calypso bulbosa* в нацпарке «Красноярские «Столбы». Заложены дополнительные постоянные пробные площади для наблюдений за видом, вблизи действия рекреации и беглого низового пожара. Приводятся краткие сведения по онтогенетической структуре.

**Ключевые слова:** орхидеи, *Calypso bulbosa*, ценопопуляция, уязвимые виды, Красная книга, заповедная территория, «Красноярские «Столбы», мониторинг, постоянные пробные площади, рекреационные тропы, низовой пожар, растительные сообщества, доля цветущих.

## Cenopopulations of *Calypso bulbosa* in the National Park “Krasnoyarskiye Stolby”

D.Yu. Polyanskaya

National Park “Krasnoyarsk Stolby”, Krasnoyarsk, Russia; nau-stolby@yandex.ru

**Abstract.** There is a brief materials of constant observations of the orchid – *Calypso bulbosa* in the national park “Krasnoyarsk Stolby” are presented. Aticl tells about additional permanent test plots, that were laid for observing the species, near the action of recreation and fugitive ground fire. It gives a brief information on ontogenetic structure .

**Key words:** orchids, *Calypso bulbosa*, cenopopulation, vulnerable species, Red Data Book, reserved area, “Krasnoyarsk “Stolby”, monitoring, permanent test plots, recreational trails, ground fire, plant communities, proportion of flowering.

На территории национального парка<sup>2</sup> «Красноярские «Столбы» продолжают наблюдения за орхидеей *Calypso bulbosa* (L.) Oakes – уязвимым видом, включенным в Красную книгу Российской Федерации с категорией статуса редкости «3» – редкий, и Красноярского края, категория статуса редкости «2» – сокращающийся в численности и распространении.

В 2018 г. для наблюдения за двумя ценопопуляциями калипсо были заложены несколько постоянных пробных площадей в ельниках зеленомошной серии на юго-западном и северо-восточном макросклоне заповедной территории (Полянская, 2019). В дополнение к ним, в 2019 г. организованны ещё две пробных площади (ПП № 3а, № 3б) в сосняке осочковой серии на северном макросклоне.

Пробные площади были заложены по той же методике (Полянская, 2019), в урочище Каштак охранной зоны заповедной территории, наиболее близко примыкающей к черте г. Красноярск. Обе площади располагаются вблизи рекреационных троп с невысокой посещаемостью; одна, ПП 3а, заложена в месте, пройденном беглым низовым пожаром весной 2018 года.

Краткие характеристики площадей: ПП № 3а. Площадь – 170 м<sup>2</sup>; включает 6 микроплощадок, на каждой произрастает *C. bulbosa*. Располагается в сосняке осочковом с участием борových видов (10С). На ПП отмечается присутствие валежника. Подлесок редкий (с обилием sol) представлен такими видами, как *Cotoneaster melanocarpus*, *Spiraea* sp., *Rosa acicularis*. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в средней и нижней части пробы, с северной стороны – 85 %, в верхней, пройденной пожаром, – 30 %, присутствуют фрагменты мертвопокровных участков, местами обильна подстилка из хвои и шишек *Pinus sylvestris*. Доминанты живого напочвенного покрова – *Carex macroura*, *Brachypodium pinnatum*, *Iris ruthenica*, *Rubus saxatilis*, *Lupinaster pentaphyllus*, общее число видов – 35. Моховой покров – не выражен.

ПП № 3б. Площадь 100 м<sup>2</sup>; включает 5 микроплощадок, на трех произрастает вид. Располагается в закустаренном сосняке осочково-разнотравно-зеленомошном (10С). На ПП отмечается немногочисленное присутствие валежника. Подлесок обильный, сконцентрирован вокруг микро-ПП, представлен: *Cotoneaster melanocarpus* (cop2), *Sorbus sibirica* (sp). Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 85 – 95 %. Доминанты живого напочвенного покрова *Carex macroura*, *Brachypodium pinnatum*, *Iris ruthenica*, *Rubus saxatilis*, *Lupinaster pentaphyllus*, *Vicia unijuga*; общее число видов – 33. Обильны зеленые мхи.

Помимо *C. bulbosa* на обеих площадях произрастают еще 2 представителя орхидных – *Goodyera repens* и *Neottianthe cucullata*. Отмечено присутствие ксерофильных видов, таких, как *Pulsatilla patens*,

<sup>2</sup> Территория, просуществовавшая в статусе государственного заповедника «Столбы» с 1925 г. до конца 2019 г., с 2020 г. перешла в статус Национального парка.

*Aconitum barbatum*, *Scorzonera radiata* и некоторых других. Количество экземпляров *C. bulbosa* на ПП № 3а – 44 шт., доля цветущих – 9,1 %; на ПП № 3б – 45 шт., доля цветущих – 29 %. Общее количество экземпляров *C. bulbosa* в данной ценопопуляции – 89 шт., доля цветущих – 19,1 %, доля молодых особей (*p.j.im*) – 22,5 % (рис. 1). В основном, вид имеет диффузно-групповое распределение по площадям, отдельные группы немногочисленны, из 2–3 особей разного возраста. Единственная многочисленная группа из 20 особей, сконцентрирована возле валёжины около тропы, в ПП 3б. Семенные коробочки (рис. 2) завязались у 27 % цветущих экземпляров с ПП 3б, на ПП 3а – семенных коробочек не завязалось.

Наглядное изображение данных общего количества экземпляров *Calypso* и их онтогенетическое распределение в исследуемых ценопопуляциях за 2018, 2019 года приведены на рис. 1. Количество экземпляров, завязавших семенные коробочки показано на рис. 2.

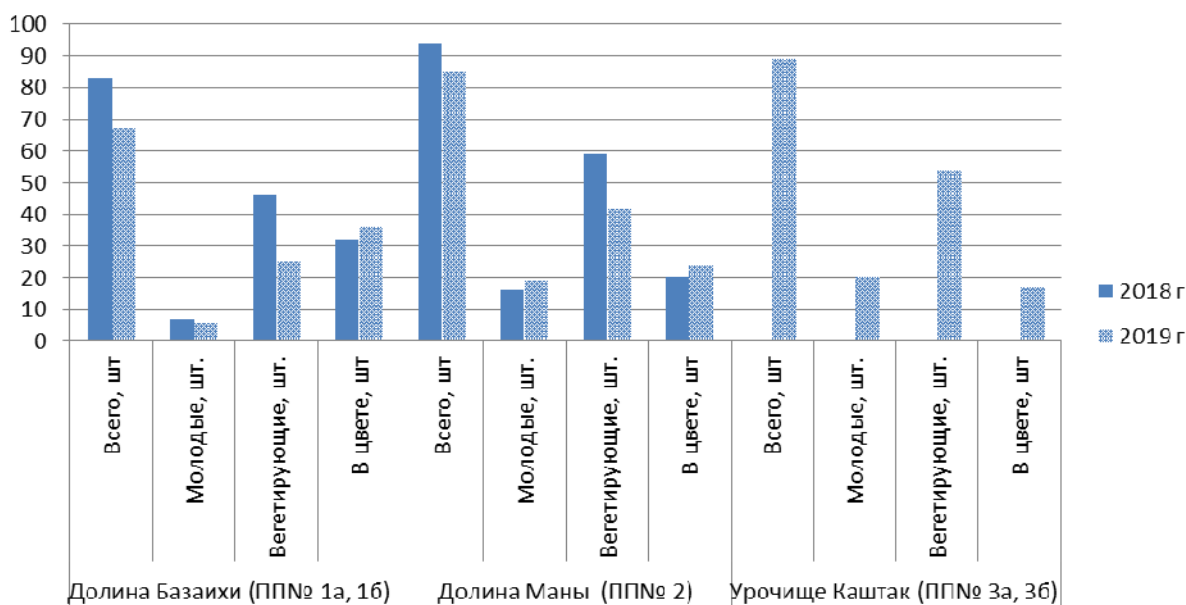


Рис. 1. Общий онтогенетический спектр наблюдаемых ценопопуляций и количество экземпляров *Calypso bulbosa* за 2018, 2019 г.

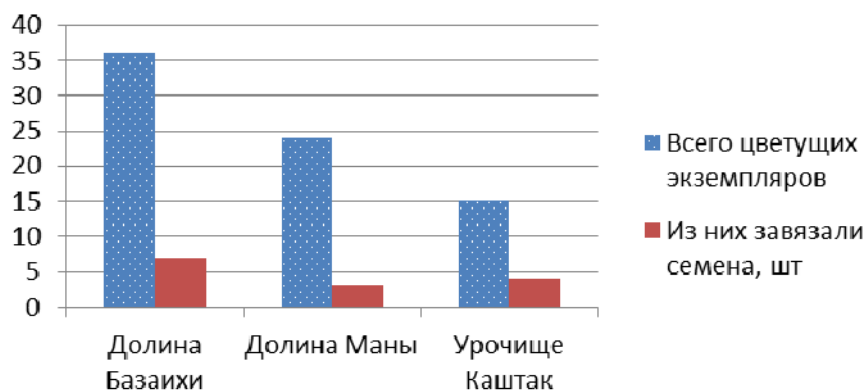


Рис. 2. Соотношение цветущих и завязавших коробочки экземпляров *Calypso bulbosa* в 2019 г.

Наиболее возрастная ценопопуляция (ЦП) отмечена в долине Базаихи, генеративная составляющая – 53,7 %. Известно, что первые находки вида в районе данных пробных площадей датируются 1948 г. Далее следует ЦП в долине Маны, генеративная составляющая – 28,2 %. Наиболее молодая ЦП – урочище Каштак, генеративная составляющая – 19,1 %. По данным 2019 г отмечается уменьшение общего количества экземпляров вида, но увеличение доли цветущих на ПП, заложенных в 2018 г. (рис. 1).

Общее количество экземпляров *C. bulbosa*, произрастающих в сосняке урочища сходно с таковым в ЦП, произрастающих в ельниках.

В 2019 году отмечалось сильное повреждение вида вредителями: многие цветки и листья были поедены; у некоторых экземпляров на листьях присутствовали бурые точки. В целом, в долине р. Базаихи около 13 % экземпляров *C. bulbosa* повреждены. В долине Маны помимо поедей цветков и

листьев отмечалось недоразвитие цветоносов и усыхание некоторых цветков. Всего повреждено и в усыхающем состоянии около 36 %, это может объяснять небольшое количество завязавшихся семенных коробочек. В ценопопуляции на Каштаке также отмечалось усыхание большинства цветоносов. Усыхание и недоразвитие, вероятно, связано с сухостью воздуха и высокими среднемесячными температурами мая, июня 2019 г. на территории, а на Каштаке также весьма роль беглого низового пожара.

Наиболее раннее цветение калипсо, начинающееся сразу после схода снега, зафиксировано в сосняке урочища Каштак, наиболее позднее – в долине Базаихи.

**Заключение.** В трёх наблюдаемых ценопопуляциях общее количество экземпляров *Calypso bulbosa* сходно. Вид, зачастую, имеет диффузно-групповое распределение по площадям; отдельные группы состоят из разновозрастных особей. Ценопопуляции полночленные; в урочище Каштак – моложе, чем в долинах рек Базаихи и Маны. Доля экземпляров *Calypso bulbosa*, завязавших плоды, относительно одинакова, как в ельниках зеленомошной серии, так и в сосняке осочково-разнотравно-зеленомошном.

#### ЛИТЕРАТУРА

Полянская Д.Ю. Мониторинг редких видов в заповеднике «Столбы»: калипсо луковичная *Calypso bulbosa* (L.) Oakes. // Экология и эволюция: новые горизонты. Материалы международного симпозиума, посвященного 100-летию академика С.С. Шварца (Екатеринбург, 1–5 апреля 2019 г.). Екатеринбург : Гуманитарный университет, 2019. 698 с.

## Подходы к формированию списка видов северных районов при подготовке нового издания Красной книги Красноярского края (растения)

И.Н. Поспелов<sup>1</sup>, Е.Б. Поспелова<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> ФГБУ «Заповедники Таймыра», Норильск, Россия; parnassia@mail.ru

**Аннотация.** В связи с подготовкой нового издания «Красной книги Красноярского края (растения и грибы)» предлагаются изменения подходов к формированию списка особо охраняемых видов сосудистых растений. Предлагаются как изменения принципов внесения видов в этот список, так и предложения по их включению и исключению. В частности, необходимо придание охранного статуса не только видам в целом, но и отдельным крупным популяциям; особые подходы к трудно определяемым в природе видам, необходимость дополнения нового издания Приложением «Перечень видов растений Красноярского края, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде».

**Ключевые слова:** Красноярский край, Таймыр, Красная книга, редкие виды, эндемики, охрана растений.

## Approaches to formation of northern regions species list for preparing new edition of Krasnoyarsky Region Red Book (plants)

I.N. Pospelov<sup>1</sup>, E.B. Pospelova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; pleuropogon@gmail.com

<sup>2</sup> FGBU «Reserves of Taimyr», Norilsk, Russia; parnassia@mail.ru

**Abstract.** Because of preparing new edition of “Krasnoyarsky Region Red book (plants and fungi)”, the change of approaches to formation of specially protected vascular plants list are proposed. The changes of principles for adding species to this list are proposed, as well as offers by including and excluding the species. In particular, conferring conservation status is necessary not only for species at whole, but for separate large populations. The special approaches is necessary for species, hard to definite in nature. Besides, it is necessary to supplement new edition by Appendix “The list of Krasnoyarsky Region plant species needing special attention by their condition in nature”.

**Key words:** Krasnoyarsk Region, Taimyr, Red book, rare species, endemics, plant conservation.

Второе издание «Красной книги Красноярского края», вышедшее в 2012 г. (сам список был утвержден годом ранее), в отличие от первого было значительно расширено благодаря включению в состав края Таймырского и Эвенкийского автономных округов. Из включенных в это издание 325 видов высших сосудистых растений в Таймырском (Долгано-Ненецком) муниципальном районе края (бывший Таймырский АО) на данный момент отмечено произрастание 65 видов, 51 из них встречен только на территории района. Большинство из них – это арктические и гипоарктические виды, значительная часть из них находятся на западной окраине ареала (*Selaginella rupestris* (L.) Spring, *Baeothryon uniflorum* (Trautv.) T.V. Egorova, *Oxytropis czechanowskii* Jurtz., *Potentilla anachoretica* Soják и др.); часть является эндемиками края (*Puccinellia byrrangensis* Tzvel., *P. jennisseiensis* (Roshev.) Tzvel., *Taraxacum byrrangicum* Ju. Kozhev., *Artemisia samoiedorum* Pamp.) или севера Средней Сибири. В связи с переизданием Красной Книги края для его северных районов края список формировался впервые, и хотя все наиболее существенные находки видов в него вошли, он изначально требовал более вдумчивого анализа и доработки.

Следует отметить, что Красноярский край – самый протяженный с юга на север регион России, охватывающий природные зоны от сухих степей до островных полярных пустынь, что создает особую сложность при формировании списков особо охраняемых видов; кроме того, по территории края проходит глобальная долготная биогеографическая граница, разделяющая всю северную Азию. В список в первую очередь попали эндемичные для края виды, редкие в целом виды с неясным распространением и угрожаемые виды, не столь редкие на территории края, но ресурсные или просто интенсивно собираемые населением. В связи с этим уже возник некоторый казус – в «Красную книгу» включен *Rhododendron adamsii* Rehd., весьма угрожаемый на юге края (собирается населением в хозяйственных целях), но в изобилии произрастающий на северо-востоке края на Анабарском плато, где никаким угрозам не подвергается, и вряд ли будет подвергаться в обозримом будущем. Отсюда следует вывод, что в ряде случаев надо применять не видовой, а популяционный подход к охране, как это сделано в «Красной Книге РФ» (2008) для многих подобных видов, например, *Rhodiola rosea* (ресурсные региональные популяции охраняемыми не являются, а окраинные и районы, где популяции

уже подорваны сбором сырья – внесены в «Красную книгу»). Точно так же вполне обоснованным было бы включение изолированных и крайних популяций видов, хотя и обычных в южной части края, тем более что мониторинг состояния этих популяций является весьма важным для понимания глобальных процессов динамики флоры с связи с климатическими изменениями.

В то же время некоторые виды, включенные в текущий список Красной книги края, являются таксономически спорными, сложны в определении и практически не отличаются на местности от близких широко распространенных видов (например, *Deschampsia vodopjanoviae* O.D. Nikif., *Saussurea tilesii* (Ledeb.) Ledeb. ssp. *putoranica* Kozhev., некоторые маки, одуванчики и бобовые). Установить факт уничтожения или воздействия на популяции этих видов может только весьма ограниченное число экспертов. Понятно, что при проведении первичных оценок воздействия на окружающую среду факт наличия таких популяций на предполагаемой к эксплуатации территории экспертами будет установлен, но в случае сбора таких видов обычными гражданами привлечь их к ответственности сложно и даже в некотором роде создается почва для правовых злоупотреблений (так как «Красная книга» – это в первую очередь юридический документ). Поэтому такие виды целесообразно исключить из основного списка «Красной книги» и перенести в «Приложение» как виды, требующие особого внимания (кстати, таковой список в текущем издании Красной книги края, в отличие от многих других региональных «Красных книг», отсутствует).

За прошедшие 10 лет авторами, как при собственных полевых исследованиях, так и при анализе результатов работ других специалистов, накоплен значительный материал как по распространению и экологии видов, уже включенных в «Красную книгу», так и выявлен ряд видов, включение которых в новую ее редакцию было бы вполне обосновано. Так, необходимо включение ряда видов, описанных за прошедший период с территории района как новые для науки, а также впервые в нем найденных. В то же время ряд видов вполне можно перенести из основного списка в приложение «Перечень видов растений Красноярского края, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде». Также для некоторых видов необходимо ограничить охраняемый статус до отдельных популяций. Так, к включению в новую редакцию Красной Книги мы предлагаем следующие виды, найденные в Таймырском районе:

*Hyalopoa jurtzevii* Prob. et Petrovsky (Пленчатомятлик Юрцева) – новый для науки вид, описанный из сборов в горах Бырранга (Пробатова, Петровский, 2015), единственное на данный момент местонахождение;

*Puccinellia bruggemannii* T.J. Sørensen (Бескильница Брюгемана) – новый для флоры России вид, определенный из наших сборов с севера Таймыра (Овчинникова 2015);

*Eleocharis yokoscensis* (Franch. & Sav.) Tang & F.T.Wang (Болотница йокосенская) – новый для края вид в значительном отрыве от ареала, найден в 2013 г. в окрестностях с. Хатанга;

*Carex mackenziei* Krecz. (Осока Маккензи) – 2 популяции на плато Путорана, единственные континентальные находки этого в целом приморского вида;

*Silene acaulis* (L.) Jacq. (Смолевка бесстебельная) – единственная находка в крае на о. Верн близ п. Диксон (Сафронова, 1997), вид с разорванным от Урала до Якутии ареалом;

*Gastrolychnis ostfeldii* (A.E. Porsild) V.V. Petrovsky – несколько находок в горах и предгорьях Бырранга, западная граница ареала преимущественно чукотско-американского вида;

*Papaver gorodkovii* Tolm. (Мак Городкова) – новый для края вид, найден на оз. Кокора к северу от с. Хатанга, крайнее западное местонахождение этого в основном чукотского вида;

*Rorippa dogadovae* Tzvelev (Жерушник Догадова) – 2 находки в крае (г. Норильск и Бреховские о-ва на Енисее), включен в Приложение к Красной Книге РФ (растения);

*Saxifraga radiata* Small. (Камнеломка лучевая) – несколько находок на востоке района, западная граница ареала;

*S. redofskyi* Adams (К. Редовского) – несколько находок на востоке района, западная граница ареала;

*Astragalus gulemiensis* Sytin et Pospelov (Астрагал гулэмминский) – новый для науки вид, описанный из центральной части плато Путорана (Сытин, Поспелов, Поспелова, 2020);

*A. inopinatus* Boriss. subsp. *oreogenus* (Jurtz.) Worosch. (А. неожиданный орогенный) – редкий вид реликтового криофильно-степного комплекса на западной границе ареала, несколько находок на севере Среднесибирского плоскогорья;

*Primula stricta* Hornem. (Первоцвет прямой) – крайние восточные местонахождения в низовьях Енисея;

*Pedicularis hyperborea* Vved. (Мытник гиперборейский) – крайние восточные местонахождения на западе плато Путорана.

Все предлагаемые виды, исходя из принятой в действующем издании шкалы Международного союза охраны природы имеют категорию статуса 3 (R) – редкие (таксоны и популяции, которые имеют малую численность и распределены на ограниченной территории или спорадически распространены на значительных территориях или 4 (I) – неопределенные по статусу (таксоны и популяции, относящиеся к одной из предыдущих категорий, но достаточных сведений об их состоянии в природе в настоящее время нет, либо они не вполне соответствуют критериям других категорий). Дополнительно, в категории 3 (R) целесообразно выделить подкатегории, отражающие причину редкости – узкоспециализированный вид редких экотопов, вид на границе ареала и др.

В новосозданное Приложение «Перечень видов растений Красноярского края, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде» также следует внести, в частности, следующие таксономически сложные эндемичные и субэндемичные виды – *Thymus evenkiensis* Byczenn. (Чабрец эвенкийский), *T. indigirkensis* Karav. (Ч. индигирский), *T. oxyodonthus* Klokov (Ч. острозубый), *T. putoranicus* Byczenn. & Kuvaev (Ч. путоранский), *T. sergievskajae* Karav. (Ч.Сергиевской), *Pedicularis gymnostachya* (Trautv.) A.P. Khokhr. (Мытник голоколосый), *P. novaiae-zemliae* (Hult.) Ju. Kozhev. (М. новоземельский); а также перенести в это «Приложение» из основного списка «Красной книги»: *Deschampsia vodopjanoviae* O.D. Nikif., *Saussurea tilesii* (Ledeb.) Ledeb. ssp. *putoranica* Kozhev. и некоторые другие виды.

Также необходимо ввести для ряда видов охраняемый статус только для отдельных популяций. В частности, для *Rhododendron adamsii* Rehd. охраняемыми оставить только популяции основной части края (кроме Эвенкийского и Таймырского районов, где вид не является угрожаемым), а также включить виды, у которых охранный статус будут иметь только отдельные популяции. Например, *Rhodiola rosea* L. по «Красной книге РФ» (стр. 182) «Охраняется часть ареала, за исключением популяций Алтайского и Красноярского краев, Республики Тыва и Магаданской обл.». На весьма некачественно выполненной карте (стр. 182) Таймырский район на отмечен, зато имеются точки в Алтайском крае, Тыве, Магаданской области – исключенных из зоны охраны. На момент написания «Красной книги РФ» Таймырский и Эвенкийский АО были самостоятельными субъектами РФ и в Красноярский край включались лишь формально. Таким образом, все популяции, находящиеся в пределах Таймырского и Эвенкийского районов Красноярского края следует считать «краснокнижными», тем более, что вблизи поселений и на посещаемых рекреационных участках этот вид действительно является угрожаемым и массово собирается.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Красная книга Красноярского края: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов. Красноярск, 2012. 597 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. 855 с.
- Овчинникова С.В. *Puccinellia bruggemannii* T.J. Sorensen (Poaceae) – новый вид для флоры Евразии // *Turczaninowia*. 2014. Т. 17, вып. 3. С. 27–32.
- Пробатова Н.С., Петровский В.В. Новый вид рода Пленчатомятлик (*Hyalopoa* (Tzvelev) Tzvelev, Poaceae) с полуострова Таймыр, Восточная Сибирь // *Новости систематики высших растений*. 2015. Т. 46. С. 71–74.
- Сафронова И.Н. Флористические находки на острове Верн (Карское море) // *Бот. журн.* 1997. Т. 82, № 1. С. 117–118.
- Сытин А.К., Поспелов И.Н., Поспелова Е.Б. *Astragalus gulemiensis* (sect. *Komaroviella*, Fabaceae) – новый вид с плато Путорана // *Бот. журн.* 2020. Т. 105, № 10. С. 994–999.

## Лекарственные растения Томской области: вопросы экономической ботаники

М.Е. Постникова, М.Н. Шурупова

*Томский государственный университет, Россия, Томск, mariya.postnikowa56@gmail.com*

**Аннотация.** В статье сформулированы научные проблемы в сфере экономической ботаники для территории Томской области. Составлен и проанализирован список видов лекарственных растений, произрастающих в этом регионе. По литературным источникам определена степень изученности ресурсов лекарственных растений Томской области. Исследован ассортимент препаратов на основе лекарственных растений в томских аптеках. Выявлены 19 видов растений Томской области, которые могут использоваться в производстве лекарственных препаратов для удовлетворения спроса на этой территории.

**Ключевые слова:** экономическая ботаника, лекарственные растения, растительные препараты, растительное сырье.

## Medicinal plants of the Tomsk region: questions of economic botany

М.Е. Postnikova, M.N. Shurupova

*Tomsk State University, Russia, Tomsk, mariya.postnikowa56@gmail.com*

**Abstract.** Some scientific problems in the economic botany area are represented in the article. The list of medicinal plants that were grown on the territory of the Tomsk region was compiled and analyzed. According to the literature, the degree of knowledge of the resources of medicinal plants in the Tomsk region was determined. We investigated Tomsk drugstores' assortment of drugs plant species of the Tomsk region have been identified, which can be used in the production of medicines to meet the demand in this territory.

**Key words:** economic botany, medicinal plants, plant raw materials, herbal medicines, Tomsk region.

Поскольку спрос на медицинские препараты растительного происхождения возрастает, а проблема обеспечения производителей медикаментов и других продуктов для здоровья на основе растений качественным сырьем ежегодно усиливается, все более актуальными являются исследования в области экономической ботаники. Эффективное планирование заготовок, необходимое для рационального использования дикорастущих полезных и лекарственных растений, становится невозможным без учета экономических аспектов потребления природных запасов. Экономическая ботаника включает в себя комплекс ботанических дисциплин (морфологию, анатомию, таксономию, экологию, биохимию, патологию, геоботанику и др.), и многих аспектов лесного и сельского хозяйств, садоводства, экономики производства и маркетинга. С экономической ботаникой также непосредственно связаны археология, палеонтология, антропология, социология, экономическая история, экономическая география, рациональное природопользование и охрана природы (Wickens, 2001).

Основными задачами современной экономической ботаники являются поиск новых полезных растений и их интродукция с последующей возможностью выращивания видов в промышленных масштабах, оценка запасов конкретных видов в различных участках ареалов и в разных экологических условиях, выявление ресурсов отдельных фитоценозов или их отдельных компонентов, а также определение количества растительных ресурсов конкретных регионов.

Представленная работа является началом комплексного анализа сведений о лекарственных растениях в Томской области, учитывающего также ассортимент фитопрепаратов в различных доступных для томичей торговых точках, и попыткой синтеза подходов отечественного ботанического ресурсосведения и западной экономической ботаники в одном исследовании. Поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать научно-информационную, научно-исследовательскую, справочную и учебную литературу об экономической ботанике, ботаническом ресурсосведении, лекарственных растениях Томской области, их использовании и изучении;
2. Составить список лекарственных растений, произрастающих в Томской области;
3. Методами опроса и сравнительного изучения ассортимента аптек, интернет-магазинов и травников, предлагающих свою продукцию на рынках и через социальные сети, выявить лекарственные растения, доступные для томских потребителей;
4. Выявить проблемы и перспективы использования лекарственных растений Томской области.

На основе «Определителя Томской области» (2014) составлен список видов лекарственных и пищевых растений Томской области, который включает 150 видов растений, относящихся к 25 семействам. Наибольшее число видов относится к семействам Rosaceae (22), Asteraceae (13), Apiaceae (10).

Последние полевые исследования ресурсов лекарственных растений Томской области проводились в советский период Л.Н. Березнеговской с соавторами (Березнеговская и др., 1972), а

также коллективом лаборатории флоры и растительных ресурсов НИИ биологии и биофизики под руководством Н.А. Некратовой в 1982–1983 гг. (Некратова и др., 1986, 1987). Исследования проведены в Асиновском, Зырянском, Кривошеинском, Кожевниковском, Молчановском, Первомайском, Томском и Шегарском районах. Согласно полученным этими авторами данным, в Томской области встречается 57 видов растений, разрешенных к применению в научной медицине, из них 16 видов имеют промышленные запасы (1 категория), позволяющие проводить заготовку их сырья в региональном и более широком масштабе. К ним относятся: багульник болотный, береза повислая и пушистая, брусника, вахта трехлистная, калина обыкновенная, крапива двудомная, кровохлебка лекарственная, мать-и-мачеха, одуванчик лекарственный, пихта сибирская, рябина сибирская, смородина черная, сосна обыкновенная, тысячелистник обыкновенный, черемуха, черника. 12 видов имеют ограниченные запасы (2 категория) способные удовлетворять нужды местного населения и некоторые из них можно использовать для потребностей Томской области: боярышник кроваво-красный, горец птичий, кубышка желтая, малина обыкновенная, пижма обыкновенная, ромашка аптечная, ромашка душистая, хвощ полевой, черемица Лобеля (белая), шиповник иглистый и майский, щавель конский. 29 видов лекарственных растений имеют незначительные запасы (3 и 4 категории) или встречаются лишь изредка, находясь на границе ареала или проникают как заносные расселяющиеся растения. Они не должны планироваться для заготовок организациями и могут использоваться в небольших количествах только местными жителями: аир болотный, баранец обыкновенный, белена черная, валериана лекарственная, водяной перец, володушка многожилчатая, горец змеиный, горец перечный, донник лекарственный, душица обыкновенная, желтушник левкойный, зверобой продырявленный, истод сибирский, крушина ломкая, лапчатка прямостоячая, можжевельник обыкновенный, пастушья сумка, пион уклоняющийся, плаун булавовидный, плаун сплюснутый, подорожник большой, полынь горькая, пустырник сердечный, синюха голубая, сушеница топяная, тимьян ползучий, череда трехраздельная, чистотел большой, яснотка белая.

Анализ и обобщение ранее полученных данных осуществлялись также и позднее. Е.Е. Тимошок и С.Н. Скороходов (2019) изучали запасы ягодных растений, в числе которых есть официальные виды. Лекарственные растения с изученными в той или иной степени ресурсами составляют всего 37,6 % от всех лекарственных растений, произрастающих в Томской области.

В ходе анализа ассортимента лекарственных препаратов аптек и продукции, предлагаемой травниками, было установлено, что лекарственное растительное сырье представлено в различных лекарственных формах, из которых лидирующие позиции занимают фитосборы (172), также встречаются фиточай (42), эликсиры (29), экстракты в составе таблеток, сиропов, бальзамов, мазей и т.д. Опрос показал, что травники собирают растения в Томской области для личного пользования, не сотрудничая с производственными компаниями по изготовлению лекарственных препаратов и биологически активных добавок (БАД). Анализ продукции из ассортимента аптек, онлайн и офлайн магазинов показал, что растительное сырье заготавливается, в основном, на территории Алтая и Кавказа. Была сделана попытка опросить официальных представителей томских компаний-производителей лекарственных препаратов и БАД, но они под разными предлогами отказались отвечать на вопросы об источниках сырья.

При сравнении видов лекарственных растений в двух списках (произрастающих и используемых в виде фитопродукции в Томской области), выявлены 94 вида растений, которые содержатся в обоих. Ресурсы 35 видов исследованы ранее, 13 видов, по данным 1980-х гг., имеют промышленные запасы, 6 – ограниченные, 16 – незначительные запасы. Следовательно, 19 видов растений могут использоваться в производстве лекарственных препаратов для удовлетворения спроса на территории всей Томской области.

Таким образом, установлено, что Томская область обладает ресурсным потенциалом для сбора лекарственных растений и производства продукции на их основе. Однако несмотря на то, что в Томской области часть продукции в ассортименте фитопрепаратов и БАД может изготавливаться из видов, которые здесь же и произрастают, фактически этот ресурсный потенциал почти не используется. Проблемной видится сфера заготовок, о масштабах которых имеются только общие и фрагментарные сведения (Государственный доклад..., 2017). Производители скрывают данные о местах заготовок растительного сырья, что не позволяет отследить, как влияет их деятельность на состояние видов в природе (в Томской области или других районах) и как ими соблюдаются нормативы при сборе сырья. Ресурсы лекарственных растений Томской области изучены достаточно подробно, но полевые работы не проводятся уже почти 40 лет. За это время часть информации могла устареть в связи с массовыми



вырубками и добычей полезных ископаемых. Повтор подобных исследований в настоящее время почти невозможен в связи с отсутствием финансирования работ в этом научном направлении.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2017 году»*. Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». Томск : Дельтаплан, 2018. 158 с.
- Некратова Н.А., Некратов Н.Ф., Михайлова С.И.* Ресурсы лекарственных и ягодных растений в северных районах Томской области // *Раст. Ресурсы*. 1986. Т. 22, вып. 3. С. 297–310.
- Некратова Н.А., Некратов Н.Ф., Вершинин С.И., Михайлова С.И.* Ресурсы лекарственных и пищевых растений в южных и центральных районах Томской области // *Раст. ресурсы*, 1987. Т. 23, вып. 2. С. 178–189.
- Определитель растений Томской области* / под ред. А.С. Ревушкина. Томск : Издательский Дом Том. гос. ун-та, 2014. 464 с.
- Тимошок Е.Е., Скороходов С.Н.* Оценка ягодных ресурсов видов семейства брусничных Томской области, их рациональное использование и охрана // *Сибирский лесной журнал*. 2019. № 4. С. 80–88.
- Wickens G.E.* Economic Botany. Principles and Practices. Dordrecht : Springer, 2001. 535 p.

## Биология некоторых представителей рода *Hemerocallis* L. при интродукции в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН

И.С. Пятина, А.А. Реут

Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН,  
Уфа, Россия; [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты интродукционного изучения *Hemerocallis middendorffii* Trautv. et C.A. Mey на базе Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук. Приведены сведения по биологии, географии и культуре вида. Установлено, что данный вид устойчив в культуре в условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья и перспективен для озеленения и селекции как высокодекоративный раноцветущий вид.

**Ключевые слова:** *Hemerocallis middendorffii*, интродукция, биологические особенности, фенология, Республика Башкортостан.

## Biology of some representatives of the genus *Hemerocallis* L. when introduced in the South-Ural Botanical Garden-Institute of UFRC RAS

I.S. Pyatina., A.A. Reut

South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of RAS, Ufa, Russia; [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)

**Abstract.** The article presents the results of an introduction study of *Hemerocallis middendorffii* Trautv. et C.A. Mey on the basis of the South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences. Information on the biology, geography and culture species is provided. It is established that this species is stable in culture in the conditions of the forest-steppe zone of the Bashkir pre-Urals and is promising for gardening and selection as a highly ornamental early-flowering species.

**Key words:** *Hemerocallis middendorffii*, introduction, biological features, phenology, Republic of Bashkortostan.

Проблема сохранения видового и сортового разнообразия цветочно-декоративных растений занимает одно из ведущих мест в развитии народного хозяйства и остается актуальной. Это связано не только с изменениями климатических факторов, но и сильной антропогенной нагрузкой на окружающую среду. Исследование закономерностей изменчивости растений при переносе их в условия, отличающиеся от естественного произрастания, представляет собой современный научный процесс, который при удачном интродукционном эксперименте имеет практическую значимость (Седельникова, Челтыгмашева, 2017).

К перспективным цветочно-декоративным культурам открытого грунта принадлежат представители рода *Hemerocallis* L. – лилейники, красодневы, или гемерокаллисы – корневищные многолетники весенне-летне-осеннего срока цветения. Отличаются большим разнообразием окрасок и форм цветков, продолговатыми ниспадающими листьями, образующими куст в форме фонтана. Имеют декоративное, пищевое, парфюмерное применение, они известны в народной медицине. Ценятся за неприхотливость, пластичность, долговечность, устойчивость к болезням и вредителям (Бородич, 2014).

Центр видового разнообразия сосредоточен в Китае и Японии и на прилегающих к ним территориях Монголии, Кореи, а также на Дальнем Востоке и в Сибири. В местах естественного произрастания лилейники занимают различные экологические ниши: влажные и суходольные луга, речные долины, лесные поляны, заросли кустарников, горные склоны. Род насчитывает около 20 видов (Декоративные..., 1977).

В настоящее время в коллекции Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН) насчитывается 6 видов лилейников: *H. coreana* Nakai, *H. flava* (L.) L., *H. fulva* L., *H. graminea* Andr., *H. middendorffii* Trautv. et C.A. Mey, *H. yezoensis* Nara.

Цель данной работы – изучение биологических особенностей *Hemerocallis middendorffii* Trautv. et C.A. Mey при интродукции в лесостепную зону Башкирского Предуралья.

Интродукционные исследования проводились на базе ЮУБСИ УФИЦ РАН в 2003–2020 гг. Объект исследований – *Hemerocallis middendorffii* Trautv. et C.A. Mey (лилейник Миддендорфа). Видовое название было дано в честь русского ботаника XIX века А.Ф. Миддендорфа. Травянистый

корневищный многолетник, весенне-летнезеленый. Кариотип:  $2n = 22$ . Распространен на Дальнем Востоке (Приморье, Приамурье, остров Сахалин, Курильские острова), в Северо-Восточном Китае, на полуострове Корея и Японии (остров Хоккайдо). Произрастает в негустых смешанных и лиственных лесах в зарослях кустарников и на суходольных лугах, по склонам предгорий и речным террасам (Лунина и др., 2010; Приходько, 2010).

Лилейник Миддендорфа используется при лихорадках и как ранозаживляющее средство. Настоем стеблей и листьев лечат гепатит. Настой стеблей, листьев, цветков пьют при ревматизме. В тибетской медицине цветки применяют при болезнях печени, также их добавляют в состав сердечных и тонизирующих средств. Молодые листья, цветки употребляют в пищу в жареном, вареном виде (Цицилин, 2015).

Сезонный ритм развития растений, жизненные формы, морфология и масса 1000 семян определены согласно общепринятой терминологии и методикам (Серебряков, 1962; Методика..., 1972; Методические..., 1980; Артюшенко, Федоров, 1990; Безделева А.Б., Безделева Т.А., 2006; Серебрякова и др., 2006).

Многолетние фенологические наблюдения за развитием растений показали, что весеннее отрастание *H. middendorffii* начинается во второй декаде апреля, при переходе среднесуточных температура воздуха через  $+3...+5$  °С. Анализ динамики роста изучаемого вида показал, что наиболее интенсивный рост листьев отмечается до фазы бутонизации в фазу весеннего отрастания, в то время как стебли интенсивно растут в фазу бутонизации, а по окончании цветения прирост листьев и стеблей прекращается. Длительность активного роста растений в среднем составляет 102 дня.

Фаза бутонизации начинается в первой–второй декаде мая, в среднем за три недели до начала цветения. Растения зацветают через 49 дней после начала отрастания. Сроки цветения определяются погодными условиями. В прохладную дождливую погоду цветение продолжается дольше, чем в сухую и жаркую.

В условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья цветение *H. middendorffii* начинается в третьей декаде мая – первой декаде июня, начиная с третьего года жизни. Массовое цветение приходится на первую – вторую декаду июня. Заканчивается цветение во второй – третьей декаде июня. По срокам цветения изученный вид относится к ранцветущим.

Важной биологической характеристикой является не только начало, но и продолжительность цветения. *H. middendorffii* является среднелетнецветущим видом (продолжительность цветения от 2 до 4 недель), в среднем составляет 24 дня.

В культуре была изучена морфометрия и анэкология растений в фазе массового цветения (Зайнетдинова, Миронова, 2009; Реут, 2019). Куст взрослого растения достигает в диаметре 54–62 см и состоит из 29–46 побегов, из которых 17–25 – генеративные. Форма куста – прямостоячая. В среднем высота куста составляет 36 см. Листья светло-зеленые, шириной 1–2 см.

Цветоносы средней прочности, почти не превышают по высоте листья. На каждом цветоносе насчитывается 3–4 цветка. После цветения и плодоношения цветонос отмирает. Диаметр цветка составляет 7,5–11,5 см. Форма цветка звездчатая. Цветки равномерно оранжево-желтые, с золотистым отблеском, имеют слабо-душистый аромат. Цветки собраны в головчатые соцветия. Общее число цветков на кусте (продуктивность цветения) в среднем составляет 48 штук.

Время открытия цветка, независимо от погодных условий, приходится на 6–7 часов утра. Пыльцевые мешки раскрываются к 11 часам утра. Длина пыльцевых мешков составляет в среднем 0,6 см. Пыльца из пыльцевого мешка высыпается очень медленно, её фертильность высокая (до 90 %). Рыльца созревают примерно к 9 часам утра. Продолжительность цветения цветка – 1 день.

У *H. middendorffii* в условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья ежегодно отмечается формирование семян от свободного опыления. Начало созревания плодов наблюдается во второй декаде июля, конец плодоношения – во второй декаде августа. Плод – многосемянная, сухая, кожистая, растрескивающаяся коробочка коричневого цвета. Коробочка шестиреберная снаружи и трехкамерная внутри. В каждом гнезде находится по 9–12 шт. семян.

В 2019–2020 гг. была проведена работа по исследованию семян *H. middendorffii* 2018 и 2019 гг. сбора репродукции ЮУБСИ УФИЦ РАН. Они округло-яйцевидные, слегка угловатые, черные, глянцевые, блестящие. Поверхность их ровная, гладкая, кожура плотная, её внутренний слой тесно прилегает к наружному слою. Семена крупные. Среднее значение длины семян 2019 г. сбора составляет  $5,7 \pm 0,12$  мм, ширины –  $4,3 \pm 0,09$  мм, при этом размеры семян 2018 г. сбора практически не отличаются (длина  $5,7 \pm 0,10$  мм, ширина  $4,4 \pm 0,09$  мм). Масса 1000 штук семян изученного вида в среднем

составляет  $24,6 \pm 1,12$  г у семян 2019 г. сбора, а у семян 2018 г. сбора (после 1,5 года хранения в комнатных условиях) в 1,3 раза меньше –  $19,0 \pm 0,76$  г.

Первичное изучение морфологических особенностей семян *H. middendorfii* показало их незначительную внутривидовую морфологическую изменчивость. Выявлена морфометрическая разница в размерах семян 2018 и 2019 гг. сбора репродукции ЮУБСИ УФИЦ РАН.

Особи *H. middendorfii* заканчивают вегетацию после наступления первых осенних заморозков (третья декада сентября – первая декада октября). Осенью листья лилейника желтеют, поникают и быстро отмирают после наступления первых морозов. Таким образом, период вегетации продолжается 152–160 дней. Анализ многолетних феноспектров показал, что в условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья *H. middendorfii* имеет феноспектр устойчивого типа и принадлежит к феноритмотипу длительно вегетирующих весенне-летнезеленых видов.

По нашим наблюдениям, жизненная форма *H. middendorfii* – многолетний весенне-летнезеленый травянистый короткокорневищно-кистекокорневой поликарпик с утолщенными запасными придаточными корнями, нарастающий симподиально, с розеточными вегетативными и ортотропными генеративными побегами.

Взрослые особи регулярно и массово цветут, плодоносят, размножаются семенами и вегетативно. В условиях Башкирии зимуют без укрытия. Выпадов растений после зимы не отмечено. Они обладают высокой устойчивостью к местным климатическим условиям, зимостойки, засухоустойчивы, не требовательны к уходу, не поражаются вредителями и болезнями. На одном месте могут произрастать 8–10 лет без потери декоративности.

Благодаря высокой декоративности и экологической пластичности *H. middendorfii* может быть использован практически для всех типов ландшафтного озеленения. Он пригоден для одиночных и групповых посадок среди газонов, на фоне декоративных кустарников и деревьев, в сочетании с другими более крупными многолетниками, а также для оформления рабаток, цветочных бордюров и миксбордеров.

Таким образом, *Hemerocallis middendorfii* отличается высокой декоративностью, обильным и продолжительным цветением, яркой чистой окраской цветков, долговечностью в культуре, устойчивостью к вредителям и болезням, а также к климатическим условиям лесостепной зоны Башкирского Предуралья, зимостойкостью и засухоустойчивостью. Особи данного вида благополучно проходят все фазы сезонного развития, образуют жизнеспособные семена, не требовательны к уходу, могут быть размножены и выращены с использованием элементарных агротехнических приемов. Изученный вид является перспективным видом для пополнения зонального ассортимента культивируемых растений Республики Башкортостан. Кроме того, он может быть использован в селекционных программах в качестве адаптированного к местным условиям материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Артюшенко З.М., Федоров А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений: семя. Л. : Наука, 1990. 204 с.
- Безделева А.Б., Безделева Т.А. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. Владивосток : Дальнаука, 2006. 296 с.
- Бородич Г.С. Интродукция лилейников в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси // Известия НАН Беларуси. Серия биол. наук. 2014. № 2. С. 17–21.
- Декоративные травянистые растения для открытого грунта СССР. Л. : Наука, 1977. Т. 2. 459 с.
- Зайнетдинова Г.С., Миронова Л.Н. Биологические особенности представителей рода *Hemerocallis* L. при интродукции // Вестник ОГУ. 2009. № 6. С. 133–136.
- Лунина Н.М., Володько И.К., Свитковская О.И., Рыженкова Ю.И. Декоративные травянистые растения культурной флоры Беларуси: монография. Минск : Белорусская наука, 2010. 171 с.
- Методика фенологических наблюдений в ботанических садах / под ред. Л.И. Лапина. М. : ГБС АН СССР, 1972. 135 с.
- Методические рекомендации по семеноводству интродуцентов. М. : Наука, 1980. 64 с.
- Приходько Л.А. Краткие итоги интродукции видов рода *Hemerocallis* в Якутском ботаническом саду // Вестник КрасГАУ. 2010. № 7. С. 30–34.
- Реут А.А. Представители рода *Hemerocallis* при интродукции на Южном Урале // Научный альманах. 2019. № 2-2 (52). С. 111–114.
- Седельникова Л.Л. Биология некоторых видов рода *Hemerocallis* L. // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии : сб. науч. ст. по материалам Тринадцатой междунар. науч.-практ. конф. Барнаул : Концепт, 2014. С. 193–194.
- Седельникова Л.Л., Четвыгина Л.Р. Интродукция представителей рода *Hemerocallis* L. в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Сборник научных трудов ГНБС. 2017. № 145. С. 90–97.
- Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Высш. школа, 1962. 378 с.
- Серебрякова Т.И., Воронин Н.С., Еленевский А.Г. [и др.]. Ботаника с основами фитоценологии: анатомия и морфология растений. М. : Академкнига, 2006. 543 с.
- Цицилин А.Н. Лекарственные растения. Атлас-справочник. М. : Эксмо, 2015. 288 с.

## Некоторые популяционно-биологические характеристики видов рода *Cypripedium* L. в условиях Южной Эвенкии (заповедник «Тунгусский»)

Ю.Г. Райская

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия  
ФГБУ «Государственный природный заповедник Тунгусский», с. Ванавара, Россия; raiskaya.julia@mail.ru

**Аннотация.** В ходе наших исследований было установлено, что на территории заповедника «Тунгусский», являющейся репрезентативной для Южной Эвенкии, встречаются 4 вида рода *Cypripedium* L.: *C. calceolus*, *C. macranthon*, *C. guttatum* и *C. × ventricosum*, приуроченные в первую очередь к хорошо прогреваемым склонам сопок, покрытых лиственничными лесами. Для проведения популяционно-биологических исследований были выбраны по 3 модельных ценопопуляций каждого вида. Онтогенетические спектры большинства изученных популяций вегетативно ориентированны, хотя у всех видов встречаются так же ценопопуляции с генеративно-ориентированным спектром. Большинство популяций всех видов являются молодыми по  $\Delta - \omega$  классификации Л.А. Животовского, зреющие популяции встречаются только у таких видов как *C. guttatum* и *C. × ventricosum*, при этом у этих видов генеративно-ориентированный спектр характерен именно для популяций этого типа.

**Ключевые слова:** сем. Orchidaceae, род *Cypripedium*, редкие и исчезающие виды, заповедник «Тунгусский».

## Peculiar populational and biological characteristics of species of the genus *Cypripedium* L. in the conditions of Southern Evenkia (“Tungusky” reserve)

Yu.G. Raiskaya

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia  
State Nature Reserve “Tunguskiy” Vanavara, Russia; raiskaya.julia@mail.ru

**Abstract.** During our studies, it was fetched out that on the territory of the Tungusky reserve, which is representative of Southern Evenkia, there are 4 species of the genus *Cypripedium*: *C. calceolus*, *C. macranthon*, *C. guttatum* and *C. × ventricosum*, confined primarily to warm slopes of hills covered with larch forests. For population-biological studies, 3 model coenopopulations of each species were selected. The ontogenetic spectra of most of the studied populations are vegetatively oriented, although all species also have coenopopulations with a generatively oriented spectrum. Most populations of the studied species are young according to the  $\Delta - \omega$  classification of L.A. Zhivotovsky, maturing populations were identified only for such species as *C. guttatum* and *C. × ventricosum*; the generatively oriented spectrum is typical only for populations of this type

**Key words:** Orchidaceae family; *Cypripedium* genera; rare and endangered species; Tungusky state reserve.

Виды рода *Cypripedium* L. (сем. Orchidaceae) произрастающие на территории Эвенкии являются уязвимыми растениями, из-за особенностей их биологии и экологии: большой длительности прегенеративного периода онтогенеза, микосимбиотрофизма, высокой чувствительности к антропогенным воздействиям (Арбузанова и др., 2011), узости диапазона толерантности по увлажнению и активному богатству почв (Райская, Тимошок, 2017; Райская, 2020).

На территории Эвенкии отмечено четыре вида рода *Cypripedium* (*C. calceolus* L., *C. macranthon* Sw., *C. guttatum* Sw., *C. × ventricosum* Sw.). Три из них внесены в «Красную книгу РФ» (2008); все четыре вида внесены в «Красную книгу Красноярского края» (2012). Северная граница ареала всех изучаемых видов, кроме *C. guttatum* проходит по югу Эвенкии, как следствие, в условиях Эвенкии эти виды наиболее уязвимы, так как находятся в условиях значительного стресса (Серебряков, 1962).

Исследования проводились с 2006 по 2014 гг. на территории заповедника «Тунгусский», расположенного в юго-восточной части Эвенкийского муниципального района (Красноярский край), в междуречье крупных рек юга Эвенкии – Подкаменной Тунгуски и Чуни. Решением МСОП территория заповедника включена в категорию Ia – строгий природный резерват. В заповеднике действует абсолютно заповедный режим, при котором исключается любая хозяйственная и рекреационная деятельность и любые другие вмешательства в ход природных процессов (Тимошок и др., 2016).

Для данной территории характерен резко континентальный климат с длинной холодной зимой и коротким жарким летом с периодом засухи. Среднегодовая температура воздуха на территории заповедника составляет  $-5,9$  °C. В течение года выпадает в среднем 422 мм осадков, из них 40 % приходится на летние месяцы. Наименьшее количество осадков выпадает в феврале и марте. Вегетационный период длится 110–120 дней (Васильев и др., 2003; Сопин, 2008).

На территории заповедника изучаемые виды встречаются в таких растительных сообществах как лиственничные, лиственнично-сосновые реже сосновые, сосново-лиственничные леса с разнотравно-кустарничково-зеленомошным, кустарничково-зеленомошно-лишайниковым напочвенным покровом, приуроченные к южным и западным склонам сопок. Для этих лесов характерны невысокая сомкнутость крон (0,1–0,2, реже 0,4); проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 25 до 65 %, но чаще составляет 50–60 %, проективное покрытие мохово-лишайникового яруса варьирует от 30 до 90 %, обычно – около 50 %.

В качестве объекта исследований на ключевом участке «Кордон Малина» (60°23' с.ш., 101°50' в.д.) было выбрано по 3 модельных ценопопуляции (ЦП) каждого вида. За счетную единицу принята «условная особь» – парциальный побег.

Во всех популяциях на протяжении 5 лет производился пересчет парциальных побегов и определение их онтогенетического состояния. Выделялись такие состояния как j, im, v, g1, g2, g3, определенных согласно ряду работ (Денисова, Вахрамеева, 1978; Фардеева, 2002; Быченко, 2004). В качестве характеристик, отражающих динамику популяции и ее состояние, были выбраны плотность популяции, характер онтогенетического спектра и тип популяции, определяемый по классификации Л.А. Животовского (2001). Соотношения числа особей в различном онтогенетическом состоянии, плотности популяций и их тип приводятся в таблице.

Показатели ценопопуляций видов рода *Cypripedium* в исследуемых ценопопуляциях

ЦП	Возрастной спектр, %						Δ	ω	Классификация Δ – ω типов ЦП	Плотность, ос/м <sup>2</sup>
	j	im	V	g1	g2	g3				
<i>Cypripedium calceolus</i>										
ЦП 1	8	23	31	21	15	3	0,20	0,51	Молодая	3,1
ЦП 2	6	17	55	18	8	1	0,16	0,47	Молодая	1,9
ЦП 3	4	18	65	10	3	0	0,13	0,48	Молодая	0,5
<i>Cypripedium macranthon</i>										
ЦП 4	5	19	48	16	11	1	0,17	0,48	Молодая	2
ЦП 5	3	5	23	37	33	0	0,29	0,42	Молодая	0,1
ЦП 6	8	27	57	8	3	1	0,11	0,37	Молодая	0,5
<i>Cypripedium ventricosum</i>										
ЦП 7	5	17	56	15	8	1	0,15	0,46	Молодая	1,8
ЦП 8	5	5	61	21	8	0	0,17	0,51	Молодая	0,3
ЦП 9	2	4	39	43	10	2	0,22	0,62	Зреющая	0,7
<i>Cypripedium guttatum</i>										
ЦП 10	16	1	47	36	0	0	0,15	0,49	Молодая	0,3
ЦП 11	0	1	40	59	0	0	0,20	0,61	Зреющая	0,9
ЦП 12	2	7	79	12	0	0	0,12	0,43	Молодая	1,2

Во всех популяциях *Cypripedium calceolus* отмечено значительное количество молодых (j, im) особей, при этом в 2 из 3 изученных популяций имеется четкая вегетативная ориентированность спектра; в ЦП 1 в спектре почти в равной степени представлены молодые, вегетативные и генеративные особи, при этом сама популяция имеет наиболее высокую плотность.

Для исследованных популяций *Cypripedium macranthon* характерно небольшое количество молодых особей; для двух популяций характерен вегетативно-ориентированный спектр, для ЦП5 – генеративно-ориентированный, где доля особей в генеративном состоянии составляет около 70 %, при этом в популяции крайне немногочисленны молодые особи, а сама популяция имеет наименьшую плотность среди всех обследованных.

Для изученных популяций *Cypripedium ventricosum* также характерна невысокая доля молодых особей. Две популяции (с самой низкой и самой высокой плотностью) имеют вегетативно-ориентированный спектр, а одна (ЦП9) генеративно-ориентированный, при этом только данная популяция этого вида имеет зреющий тип по Δ – ω классификации и среднюю плотность.

Характеристики популяций *Cypripedium guttatum* близки к характеристикам *C. ventricosum*: для них свойственна низкая доля молодых особей, при этом молодые по Δ – ω классификации популяции имеют вегетативно-ориентированный, а зреющая популяция (ЦП11) – генеративно-ориентированный спектр и среднюю для изученных популяций плотность.

Таким образом онтогенетические спектры большинства изученных популяций вегетативно-ориентированны, хотя у всех видов встречаются также ценопопуляции с генеративно-ориентированным спектром. Большинство популяций всех видов являются молодыми по Δ–ω классификации Л.А. Животовского, зреющие популяции встречаются только у *C. guttatum* и *C. × ventricosum*, при этом у

этих видов генеративно-ориентированный спектр характерен именно для популяций этого типа. Наличие в онтогенетических спектрах генеративных и молодых особей указывает на устойчивость воспроизводства изучаемых видов в условиях Южной Эвенкии.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Быченко Т.М. Онтогенез башмачка крупноцветкового (*Cypripedium macranthum*) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Йошкар-Ола : МарГУ, 2004. Т. 4. С. 95–100.
- Васильев Н.В., Львов Ю.А., Плеханов Г.Ф. и др. Государственный природный заповедник «Тунгусский» (очерк основных данных). Тунгусский заповедник. Биоценозы северной тайги и влияние на них экстремальных природных факторов // Труды ГПЗ «Тунгусский». Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. Вып. 1. С. 33–89.
- Денисова А.В., Вахрамеева М.Г. Род башмачок (венерин башмачок) – *Cypripedium* L. // Биол. флора Московской области. М., 1978. Вып. 4. С. 62–70.
- Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
- Красная книга Красноярского края. Растения и грибы. Красноярск, 2012. 597 с.
- Красная Книга Российской Федерации. Растения и грибы. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
- Райская Ю.Г., Тимошок Е.Н. К уточнению экологической амплитуды *Cypripedium ventricosum* Sw. для стандартных экологических шкал И.А. Цаценкина на северной границе ареала (Южная Эвенкия) // XII Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу (Томск, 17–20 октября 2017 г.). Томск, 2017. С. 166–168.
- Райская Ю.Г. Экологические особенности *Cypripedium calceolus* L. в Южной Эвенкии (Заповедник Тунгусский) // Международная конференция и школа молодых ученых ENVIROMIS 2020 (Томск, 7–11 сентября 2020 г.). Томск, 2020. С. 201–203.
- Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М. : Высш. школа, 1962. 378 с.
- Сопин В.Ю. К метеорологической характеристике территории заповедника «Тунгусский» // Труды ГПЗ «Тунгусский». Томск : Изд-во НТЛ. 2008. Вып.2. С. 7–18.
- Тимошок Е.Е., Райская Ю.Г., Скороходов С.Н., Сопин В.Ю. Редкие и исчезающие виды орхидных в лесных сообществах государственного природного заповедника «Тунгусский» (Южная Эвенкия) // Сибирский лесной журнал. 2016. № 1. С. 13–26.
- Фардеева М.Б. Онтогенез башмачка настоящего (*Cypripedium calceolus* L.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Йошкар-Ола : МарГУ, 2002. Т. 3. С. 114–120.

## Использование гербарных данных для изучения экологии, географии и фенологии растений

Д.В. Санданов

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Россия, Улан-Удэ, e-mail: sdenis1178@mail.ru*

**Аннотация.** Приведен краткий обзор современных исследований, выполняемых на базе гербарных коллекций. Представлены примеры использования гербарных данных в различных биологических направлениях

**Ключевые слова:** гербарные данные, новые методы, биологические исследования.

## Application of herbaria data for plant ecology, geography, and phenology

D.V. Sandanov

*Institute of General and Experimental Biology of SB RAS, Russia, Ulan-Ude, e-mail: sdenis1178@mail.ru*

**Summary.** A brief review of modern studies based on herbaria specimens has been summarized. Some examples of application of herbaria data in different biological studies have been presented.

**Key words:** herbaria data, new methods, biological studies.

Гербарные коллекции в последние годы стали все активнее использоваться в разнообразных биологических исследованиях. К примеру, ссылки на гербарные данные в сети Web of Science в значительной степени выросли, начиная с 1990 года; прирост составил около 6 раз и на сегодняшний день наблюдается порядка 600 цитирований в год (Heberlink et al., 2019). Все это свидетельствует об интересе исследователей к анализу гербарных данных с новых позиций: с применением современных методов и технологий. Наиболее активно гербарная информация используется при изучении разнообразия и географии растений (James et al., 2018), оценке климатических изменений (Lang et al., 2019), фенологии растений (Willis et al., 2017), для целей сохранения редких растений (Willis et al., 2003; Greve et al., 2016). В целом отмечается более 20 самостоятельных направлений исследований с использованием данных гербарных коллекций (Heberlink et al., 2019). Однако, некоторые исследования, такие как изучение макроэлементного состава растений, вторичных метаболитов, фитопатология и характер физиологических процессов у растений проводятся недостаточно эффективно и составляют пока еще нереализованный потенциал гербариев (Meineke et al., 2018). Одним из интересных направлений также является выявление на основе гербарных материалов видов-индикаторов климатических изменений (Hufft et al., 2018).

Отмечается, что в России также вырос интерес к изучению разнообразия и географии растений (Санданов, 2019): проводится масштабная оцифровка гербарных коллекций (Серегин, 2017; Ковтонюк, 2017; Kislov et al., 2017 и др.) и карт ареалов растений (Чепинога и др., 2017; Санданов и др., 2019). При этом остальные возможности использования гербария (помимо отбора проб для молекулярно-генетического анализа) в целом практикуются довольно редко. Как справедливо отмечает Д.В. Гельтман (2015) в настоящее время руководителям и кураторам гербариев необходимо правильно позиционировать и организовать насущные исследования с использованием различных ресурсов гербарных коллекций. Тем более, что многие из них сейчас утверждены как уникальные научные установки, на базе которых можно проводить комплексные исследования.

В последние годы нами начаты исследования по созданию базы данных по распространению сосудистых растений Азиатской России. Основу этой базы данных, в первую очередь, составляет информация из гербарных коллекций. Помимо непосредственной работы с гербарием привлекаются и опубликованные карты ареалов растений. В частности, недавно оцифровано распространение 228 эндемичных высокогорных растений Северной Азии из одноименной сводки (Эндемичные..., 1974). Массив данных составляет 13703 точек распространения видов, наибольшее число точек обозначено для таких видов как *Betula divaricata* Ledeb. [*B. middendorffii* Trautv. & C.A. Mey auct.] (415) и *Rhododendron aureum* Georgi (401), тогда как ряд видов (*Saussurea ajanensis* (Regel) Lipsch., *S. sajanensis* Gadoschn., *Carex karacolica* Polozh.) представлен единичными местонахождениями. Имеющийся массив представляет ценность, так как на сегодня в доступе имеется много климатических, биоклиматических и других пространственных данных для высокогорий. Поэтому имеется возможность анализа основных лимитов и закономерностей распространения этих видов.



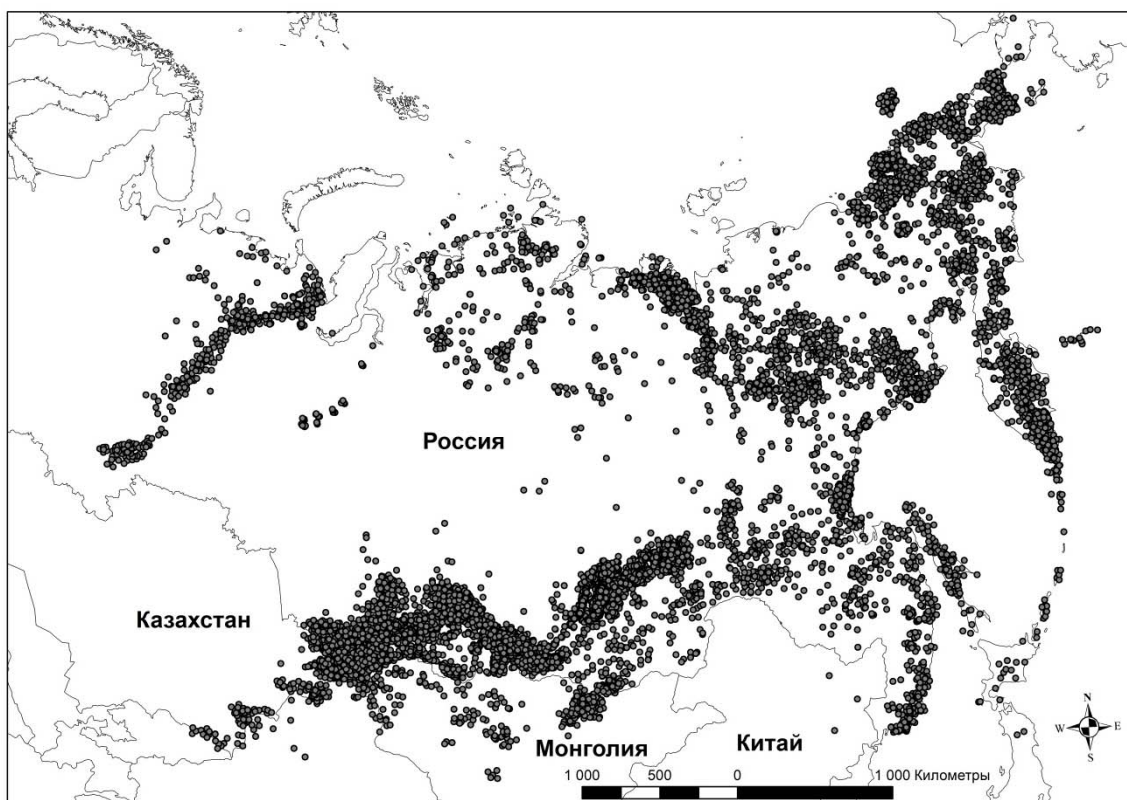


Рис. 1. Распространение эндемичных высокогорных растений Северной Азии.  
Примечание: при построении карты использована равновеликая проекция Альберса

Гербарные данные также широко используются для оценки фенологии растений, в частности в связи наблюдаемыми климатическими изменениями (Willis et al., 2017; Kopp et al., 2020). Для определения дат начала цветения *Amygdalus pedunculata* Pall. (рис. 2) нами использован унифицированный метод определения фенологических фаз у гербарных образцов (Pearson, 2019).

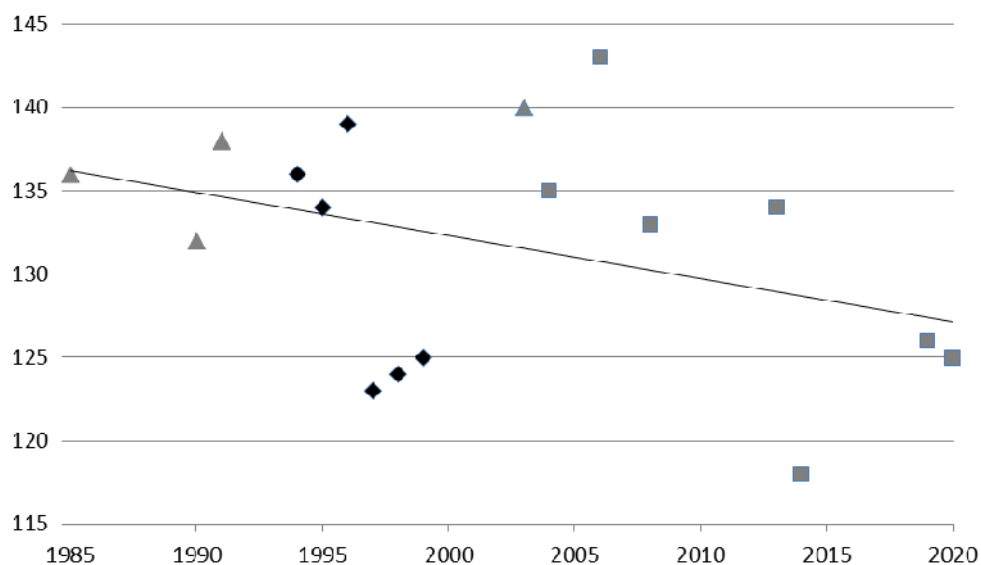


Рис. 2. Динамика цветения *Amygdalus pedunculata* на Селенгинском среднегорье: по оси ординат указаны дни года, по оси абсцисс – годы наблюдений. Серыми треугольниками отмечены гербарные данные, черными ромбами – данные Н.В. Екимовой и С.Г. Рудых (2007), серыми квадратами – данные автора

Для оценки цветения *Amygdalus pedunculata* использована информация из следующих коллекций: гербарий Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (UUN), гербарий Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (IRK), гербарий Иркутского государственного университета (IRKU), цифровой гербарий Московского госуниверситета (MW) – <https://plant.depo.msu.ru/>, цифровой гербарий Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (NS

и NSK) – <http://herb.csbg.nsc.ru:8081/>. Также использованы другие опубликованные данные и авторские фенонаблюдения. Обобщение всей информации по началу цветения миндаля черешкового с 1985 по 2020 годы выявило фенологический сдвиг на более ранние сроки (рис. 2). Если ранее средняя дата начала цветения растений приходилась в среднем на 17 мая, то в последние 10 лет сроки цветения сдвинулись на 10 дней раньше и отмечаются сейчас в среднем 7 мая.

Таким образом, полученные результаты показывают перспективность использования современных методов при работе с гербарными данными. Необходимо и в дальнейшем развивать исследования в этих направлениях.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований, проекты № 19-54-53014, №20-45-380009 и частично в рамках государственного задания по теме № АААА-А17-117011810036-3.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гельтман Д.В. Гербарии России: основные вызовы, проблемы деятельности и пути их решения // Ботанические коллекции – национальное достояние России : сб. научных статей Всерос. (с между. участием) науч. конф. Пенза, 2015. С. 222–224.
- Екимова Н.В., Рудых С.Г. Сезонный ритм развития *Armeniaca sibirica* и *Amygdalus pedunculata* (*Rosaceae*) в Западном Забайкалье // Растительные ресурсы. 2007. Т. 43, вып. 2. С. 18–23.
- Ковтонюк Н.К. Виртуальные гербарные коллекции как ресурс для изучения таксономии и биоразнообразия // Растительный мир Азиатской России. 2017. № 1 (25). С. 98–104.
- Санданов Д.В. Современные подходы к моделированию разнообразия и пространственному распределению видов растений: перспективы их применения в России // Вестник Том. гос. ун-та. Биология. 2019. № 46. С. 82–114.
- Санданов Д.В., Дугарова А.С., Кокорина Е.А. Картографирование распространения видов рода *Oxytropis* DC. Азиатской России // Географические исследования Сибири и сопредельных территорий : материалы междунар. геогр. конф. Иркутск, 2019. С. 514–517.
- Серегин А.П. Гербарий Московского университета (MW) сегодня: фонды, онлайн доступ и научная работа // Бот. журн. 2017. Т. 102, № 3. С. 281–308.
- Чепинога В.В., Петухин В.А., Стальмакова Д.П. Результаты сеточного картирования сводки «Флора Центральной Сибири» (1979) в цифровом формате: итоги и перспективы использования // Растительный мир Азиатской России. 2017. № 3 (27). С. 70–78.
- Эндемичные высокогорные растения Северной Азии. Новосибирск : Наука, 1974. 335 с.
- Greve M., Lykke A.M., Fagg S.W., Gereau R.E., Lewis G.P., Marchant R., Marshall A.R., Ndayishimiye J., Bogaert J., Svenning J.-C. Realising the potential of herbarium records for conservation biology // South African Journal of Botany. 2016. Vol. 105. P. 317–323.
- Heberlink J.M., Prather L.A., Tonsor S.J. The changing uses of herbarium data in an Era of Global Change: an overview using automated content analysis // BoiScience. 2019. Vol. 60, Iss. 10. P. 812–822.
- Hufft R.A., DePrenger-Levin M.E., Levy R.A., Islam M.B. Using herbarium specimens to select indicator species for climate change monitoring // Biodiversity Conservation. 2018. Vol. 27. P. 1487–1501.
- James S.A., Soltis P.S., Belbin L., Chapman A.D., Nelson G., Paul D.L. Collins M. Herbarium data: Global biodiversity and societal botanical needs for novel research // Applications in Plant Sciences. 2018. 6(2): e1024.
- Kislov D.E., Bakalin V.A., Pimenova E.A., Verkhohat V.P., Krestov P.V. An electronic management system for a digital herbarium: development and future prospects // Botanica Pacifica. 2017. Vol. 6, No 2. P. 59–68.
- Kopp C.W., Neto-Bradley B.M., Lipsen L.P.J., Sandhar J., Smith S. Herbarium records indicate variation in bloom-time sensitivity to temperature across a geographically diverse region // International Journal of Biometeorology. 2020. Vol. 64. P. 873–880.
- Lang P.L.M., Willems F.M., Scheepens J.F., Burbano H.A., Bossdorf O. Using herbaria to study global environmental change // New Phytologist. 2019. Vol. 221. P. 110–122.
- Meineke E.K., Davis C.C., Davies T.J. The unrealized potential of herbaria for global change biology // Ecological Monographs. 2018. Vol. 88, Iss. 4. P. 505–525.
- Pearson K.D. A new method and insights for estimating phenological events from herbarium specimens // Applications in Plant Science. 2019. 7(3): e1224. 10.1002/aps3.1224
- Willis C.G., Ellwood E.R., Primack R.B., Davis C.C., Pearson K.D., Gallinat A.S., Yost J.M., Nelson G., Mazer S. J., Rossington N.L., Sparks T.H., Soltis P.S. Old plants, new tricks: phenological research using herbarium specimens // Trends in Ecology & Evolution. 2017. Vol. 32, Iss. 7. P. 531–546.
- Willis F., Moat J., Paton A. Defining a role for herbarium data in Red List assessments: a case study of *Plectranthus* from eastern and southern tropical Africa // Biodiversity and Conservation. 2003. Vol. 12. P. 1537–1552.

## Флористическая характеристика черноольховых лесов Костанайской области

А.Е. Солодухина

Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова, Костанай, Казахстан; rittih@mail.ru

**Аннотация.** Видовое разнообразие и количественное участие доминирующих видов черноольховых лесов Костанайской области (Северный Торгай) сведено в четыре растительные ассоциации. Ассоциации: *Thelypterio-Equiseto-Violosum-Alnetum*; *Athyrio-Alnetum*; *Urticosum-Alnetum* и *Matteuccio struthiopteri-Alnetum glutinosae*. Выделенные ассоциации или конассоциации черноольшаников довольно чётко различаются по экологическим условиям и присутствию группы дифференциальных видов, характеризующих устойчивость ценоэкосистем.

**Ключевые слова:** ольховые сообщества, вид, ассоциация, конассоциация, доминанты, бореальные виды, дифференциальные виды, проективное покрытие, экоморфа, ценоэкосистема.

## Floristic characteristics of the black alder forests in Kostanay region

А.Е. Solodukhina

Kostanay State University named after A. Baitursynova, Kostanay, Kazakhstan; rittih@mail.ru

**Abstract.** The species diversity and quantitative participation of the dominant species of black alder forests of the Kostanai region (Northern Torgai) are summarized in four plant associations. Associations: *Thelypterio-Equiseto-Violosum-Alnetum*; *Athyrio-Alnetum*; *Urticosum-Alnetum* и *Matteuccio struthiopteri-Alnetum glutinosae*. The distinguished associations or conassociations of black alder forests quite clearly differ in environmental conditions and in the presence of a group of differential species characterizing the stability of price ecosystems.

**Key words:** alder communities, species, association, conassociation, dominants, boreal species, differential species, projective cover, eco-morph, price ecosystem.

На территории Костанайской области (Северный Торгай) ценозы из *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. представляют наиболее древний тип лесной растительности. По данным палеоботанических материалов (Жилин, 1974; Криштофович, 1957) в третичном периоде (палеоген) род (genus) *Alnus* Gaertn. уже имел место в составе умеренно-листопадной «Торгайской» флоры. Насаждения из *Alnus glutinosa* не имеют больших площадей.

В прошлом распространение *Alnus glutinosa* на территории Северного Торгая было значительно шире. Кроме известного местонахождения насаждений *Alnus glutinosa* на восточном коренном берегу Торгайского пролива Зюсса (глубокие лесные овраги – Ортоблак, Майкоблак и др.) (рис. 1), выявлены местообитания произрастания *Alnus glutinosa* – выходы ключей вблизи села Кудук-Чилик, севернее села Боровское Мендыкаринского района, в пределах Карабалыкского района (село Михайловка), вдоль гранитного правобережья реки Тогузак – урочище «Кривули» и других экотопах Костанайской области.

В Северном Торгае черноольховые леса произрастают на крайнем пределе юго-восточного распространения. Причём в аридных условиях степной зоны существуют не, только заболоченные черноольшаники, но и фитоценозы черной ольхи в суходольных местообитаниях, с мезофильными лесными видами в травяном ярусе.

В данной работе использованы 127 описаний ольховых сообществ, выполненных на территории Костанайской области в ходе проведения геоботанических экспедиций (Солодухина, 2017). Геоботанические описания проводили по общепринятой методике на площадках 20x20 м. Таксацию древостоев осуществляли по таблицам стандартных полнот и запасов нормальных насаждений. Увлажнение и богатство почвы описывали по ступеням шкалы Л.Г. Раменского (1971).

Обилие видов кустарникового и кустарниково-травяного ярусов оценивали по проективному покрытию в баллах по шкале Т.А. Работнова (1983): 1 до 1 %, 2 – 1–5%, 3 – 6–10 %, 4 – 11–20 %, 5 – 21–50 %, 6 более 50 %. Константность видов в фитоценозах определяли по шкале постоянства видов: I класс – вид встречен в 1–20 %, II класс – в 21–40 %, III класс – в 41–60 %, IV класс – в 61–80 %, V класс – в 81–100 % описаний.

Группа приручейные черноольшаники – объединяет сообщества с доминированием видов: *Thelypteris palustris* Schott, *Equisetum fluviatile* L., *Viola epipsila* Ledeb.

Приручейные черноольшаники – ассоциация: *Thelypterio-Equiseto-Violosum-Alnetum*, среди черноольховых лесов занимает местообитания с максимальным увлажнением. Это сомкнутые леса, высота древостоя составляет 20–25 м, средний диаметр *Alnus glutinosa* до 30 см. Бонитет III, возраст 80–90 лет.

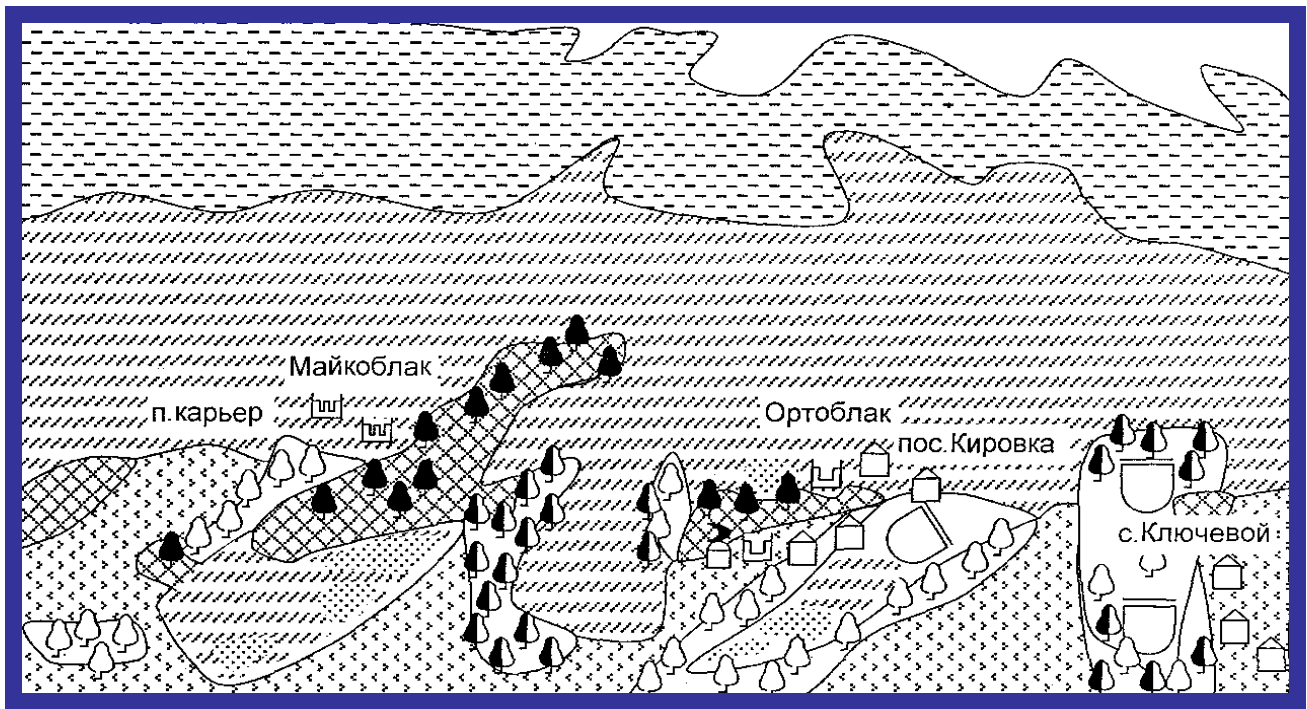


Рис. 1. Карта-схема распределения растительных сообществ в окрестностях оз. Кушмурун

При сомкнутости крон 0,8, запас древесины на 1 га – 318 м<sup>3</sup>. Почвы влажно-луговые и сыро-луговые. В древостое постоянная примесь видов *Betula pendula* Roth и *Populus tremula* L. (Raunkiaer, 1934).

Черноольшаник кочедыжниковый – ассоциация *Athyrio-Alnetum*, объединяет лесные сообщества с довольно высоким увлажнением местообитания. Почвы под лесом аллювиальные торфянисто-перегнойные, болотно-луговые и глеевые суглинки. Видами, дифференцирующими эту ассоциацию, являются: *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Urtica dioica* L., *Geum rivale* L., *Rubus idaeus* L.

Черноольшаник крапивный – ассоциация *Urticosum-Alnetum*. В травяном ярусе доминирует вид *Urtica dioica*. Крапивные ольшаники занимают хорошо дренированные участки вдоль временных водотоков и ручьев. Дифференциальными видами этой ассоциации являются виды: *Rubus idaeus*, *Geum urbanum* L., *Solanum dulcamara* L., *Sonchus palustris* L. Для этой ассоциации характерны бореальные виды: *Angelica sylvestris* L., *Heracleum sibiricum* L., *Equisetum hyemale* L., *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman отличающиеся высоким постоянством. Древостой из *Alnus glutinosa* (Катунова В.В., 2007) с небольшим участием *Betula pendula* и *Populus tremula*. Сомкнутость крон 0,7, высота стволов 19–22 (24) м, средний диаметр 30–35 (60) см, возраст 90 (160) лет. Бонитет III–IV. В подлеске обильны виды: *Ribes nigrum* L., *Crataegus sanguinea* Pall., *Salix caprea* L.

Черноольшаник страусниковый – ассоциация *Matteuccio struthiopteri-Alnetum glutinosae*. По сравнению с черноольшаниками приречными эта ассоциация занимает повышенные местообитания. Почвы под лесом болотно-луговые, богатые. Режим увлажнения почв относительно устойчив за счёт влаги ключей.

В составе черноольшаников Северного Торгая данная ассоциация большая редкость. Это сомкнутые леса, высота древостоя составляет 25–30 м, средний диаметр 35–40 см, возраст 70–90 (300) лет. В подлеске единичны кустарники видов *Padus avium* Mill. (*Prunus padus* L.) (семейство (familia) Rosaceae Juss.) и *Ribes nigrum* L. (familia Grossulariaceae DC.). Травяной покров довольно густой (проективное покрытие 70–80 %). Подрост не обилён. Доминирует вид *Matteuccia struthiopteri* (L.) Tod. (familia Onocleaceae E.D.M. Kirchn.). Характерными видами (species) являются представители следующих родов (genus): *Dryopteris* Adans. (sp. *Dryopteris cristata* (L.) A. Gray), *Carex* L. (sp. *Carex elongate* L.), *Heracleum* L. (sp. *Heracleum sibiricum*), *Solanum* L. (sp. *Solanum dulcamara* L.), *Stachys* L. (sp. *Stachys palustris* L.), *Geranium* L. (sp. *Geranium sylvaticum* L.), *Thelypteris* Schmidel (sp. *Thelypteris palustris*), *Calamagrostis* Adans. (sp. *Calamagrostis canescens* (Weber) Roth), *Galium* L. (sp. *Galium uliginosum* L.), *Filipendula* (Tourn.) Mill. (sp. *Filipendula ulmaria*), *Lycopus* L. (sp. *Lycopus europaeus* L.), *Lythrum* L. (sp. *Lythrum virgatum* L.). Постоянно встречаются species: *Rubus idaeus*, *Humulus lupulus* L., *Urtica dioica*, *Chelidonium majus* L.

Руководствуясь принципами эколого-фитоценотической классификации, выделено девять флористических (близких) групп черноольшаников. При выделении флористических групп использовали экологические шкалы Л.Г. Раменского (1971), дифференцирующие экологические критерии групп. Экологические градации влажности и трофности почв местообитаний сообществ черноольшаников. Это виды детерминанты: по отношению к увлажнению, четыре группы видов: влажно-луговая, сыро-луговая, болотно-луговая и болотная.

По отношению к трофности почв (почвенному богатству) выделены экологические группы видов растений: олиготрофы (*Calamagrostis canescens* (Weber) Roth), олиго-мезотрофы (*Crepis tectorum* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), олиго-мегатрофы (*Carex praecox* Schreb.), мезотрофы (*Solidago virgaurea* L., *Populus tremula*, *Carex vesicaria* L., *Carex vesicaria* L.), мегатрофы (*Sonchus arvensis* L., *Artemisia vulgaris* L., *Carex vulpina* L., *Festuca pratensis* Huds., *Dactylis glomerata* L., *Matteuccia struthiopteris*, *Betula pendula*).

Распределение видов растений ценофлоры Костанайской области на группы по отношению к почвенному плодородию (богатству) выполнено с учётом специфики почвенных особенностей в черноольховых лесах и на основе собственных многолетних наблюдений в природе.

Березняк страусниковый (*Matteuccio struthiopteri-Bituletum*). В эту ассоциацию объединены заболоченные березняки с доминированием видов *Matteuccia struthiopteris* и *Dryopteris cristata*. Данная ассоциация встречается по днищу лесных оврагов вблизи озера Кушмурун, в лесном урочище «Каменное озеро» – старице реки Тобол и в пределах Наурзумского государственного заповедника – вблизи озера Катантал. Сообщества этой ассоциации довольно часто граничат с черноольшаниками страусниковыми и при изменении экологических условий экосистем наблюдаются их переходы из одного состояния в другое (от мезо-олиготрофных условий к мезотрофным) за счёт ценотической радиации популяций (биологическое действие ионизирующего излучения). Это сомкнутые леса, высота древостоя 16–18 м, средний диаметр *Betula pendula* 20–25 см. В качестве примеси встречаются виды: *Populus tremula*, *Betula pubescens* Ehrh., *Betula kirghisorum* Sav.-Ryszg. (охранный статус), единично *Alnus glutinosa* (охранный статус).

Выделенные ассоциации черноольшаников довольно чётко различаются по экологическим условиям и присутствию группы дифференциальных видов, характеризующих устойчивость ценоэкосистем.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Жилин С.Г. Третичные флоры Устюрта. Л. : Наука, 1974. 124 с.
- Катунова В.В. Эколого-ценотическая структура черноольховых лесов Нижегородского Поволжья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2007. 21 с.
- Криштофович А.Н. Палеоботаника. 4-е изд. Л. : Гостоптехиздат, 1957. 650 с.
- Работнов Т.А. Фитоценология. 2-е изд. М. : МГУ, 1983. 292 с.
- Раменский Л.Г. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Избранные работы. Л., 1971. 334 с.
- Солодухина А.Е. Биоэкологический спектр флоры и растительности равнинных рек Иргиз, Урал, Тобол // Научные исследования современных учёных. Сборник научных работ XXV Международной научно-практической конференции. М. : МНЦ «Олимп», 2017. С. 70–75.
- Raunkiaer Ch. The life forms of plants and statistical plant geography, being the collected papers of C. Raunkiaer / transl. from Danish. Oxford: Clarendon Press, 1934. Vol. 16. 632 p.

## Динамика состава и структуры растительности в ходе демулационной сукцессии (Костромская область)

В.М. Телеснина

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия; vtelesnina@mail.ru

**Аннотация.** Скорость и направление демулационной сукцессии детерминированы особенностями сельскохозяйственного освоения угодья в прошлом. После интенсивного внесения органических удобрений или выпаса скота замедляется восстановление древесной растительности, а также скорость появления в травостое лесных видов, устойчивых к кислой среде и низкой обогащенности элементами питания. При интенсивном многолетнем внесении органических удобрений возникают нитрофильные почти монодоминантные травяные фитоценозы. Продолжительное сенокосение вызывает сокращение сорно-рудеральной стадии при одновременном замедлении появления лесных видов. На начальных стадиях зарастания при всех типах использования в прошлом выявлена конвергенция ряда флористических и эколого-ценотических характеристик фитоценозов залежей сходного возраста.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные угодья, сукцессия, южная тайга, хроноряды.

## Dynamic of vegetation composition and structure due to post-agrogenic succession (Kostroma region)

V.M. Telesnina

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; vtelesnina@mail.ru

**Abstract.** The rate and direction of the post-agrogenic succession are determined by the features of agricultural land development in the past. After intensive application of organic fertilizers, as well as cattle grazing, the restoration of woody vegetation slows down, as well as the rate of appearance of forest species resistant to acidic conditions and low enrichment in nutrient elements in the grass. With the intensive application of organic fertilizers, nitrophilic herbal phytocenoses with low floristic diversity exist for a long time. Prolonged haying causes a reduction in the weed-ruderal stage while slowing down the appearance of forest species. At the initial stages of overgrowing for all types of use, the convergence of a number of floristic and ecological-coenotic characteristics of phytocenoses of deposits of a similar age was revealed in the past.

**Key words:** agricultural lands, succession, south taiga, time series.

В настоящее время на территории России из сельскохозяйственного использования выводят обширные территории, в результате формируются постагрогенные фитоценозы, отличающиеся как от агроценозов, так и от зональных сообществ. Характер сукцессии, ее длительность и особенности промежуточных стадий зависят от ряда факторов, в частности длительности и способа использования. Цель настоящей работы – изучение особенностей демулационных сукцессий в зависимости от типа сельскохозяйственного использования. Исследования проводили на территории Мантуровского района Костромской области. Территория относится к северо-восточной подобласти атлантико-континентальной лесной области. Почвообразующие породы – двучлены, то есть пески, залегающие на глинистой морене. Согласно ботанико-географическому районированию (Огуреева, 1991), территория входит в подзону южно-таежных лесов северо-европейской провинции евразийской таежной области. Коренная растительность – темнохвойные еловые леса. Объекты исследования (таблица) представляют собой три хроноряды – зарастающие пашня (1), частный огород (2) и сенокос, бывший в течение долгого времени местом выпаса коров (3). Почвы – агродерново-подзолы, кроме П40 (дерново-подзол постагрогенный) и П100 (подзол). Площадка П100 является контрольной – на месте этого леса почва если и была распахана, то более 100–120 лет назад, выпаса и устройства огородов не было никогда. В каждом из фитоценозов заложена площадка 10×10 м, мониторинг ведется с 2009 г. Через 7–8 лет после прекращения распашки (ряд 1) появляются деревья, которые к 13–14 годам образуют почти сомкнутый древостой, при восстановлении по сенокосу через 10 лет наблюдаются редко стоящие деревья и кустарники, многие из них мало типичны для бореального леса. После прекращения использования огорода, много лет удобряемого навозом, через 35 лет древостоя еще нет из-за наличия в травостое видов-блокираторов сукцессии – *Heraclеum sibiricum*, *Arctium lappa*.

Число видов в напочвенном покрове по мере сукцессии за 25–40 лет уменьшается в первом хроноряду, несколько увеличивается во втором после смены моновидовых сорно-рудеральных сообществ, в третьем остается почти неизменным. Наибольшее флористическое сходство по Жаккару выявлено для двух первых стадий второго ряда, а также двух первых стадий первого. Для начальных стадий разных рядов сходного возраста флористическое может составлять больше, нежели между стадиями сукцессии внутри каждого из рядов. Соотношение доли видов разных эколого-ценотических

свит (Ниценко, 1969) в напочвенном покрове существенно меняется в ходе демутиации, причем его динамика отличается для изученных хронорядов. Сорно-рудеральные виды составляют 75 % и более в первые 10 лет после прекращения использования огорода, и только на 35-летней залежи их доля уменьшается до 17 % при возрастании доли луговых видов. Через 8 лет после прекращения распашки (ряд 1) сорно-рудеральные виды составляют всего 17 %, через 40 они пропадают вместе с луговыми. Виды мелколиственной опушечно-полянной и даже еловой свит появляются быстро, уже на 13-летней залежи. На всех стадиях зарастания пашни в напочвенном покрове много эвритопных видов, не имеющих четкой экологической приуроченности (11–20 %). При зарастании выгона-сенокоса сорно-рудеральных видов изначально очень мало (3 %) – возможно, многие из них плохо выдерживают сенокосение – однако, доля нитрофильно-луговых довольно высока, на 25-летней залежи составляет 35 % – больше, чем мелколиственно-опушечные и эвритопные. Только на зарастающем выгоне наличествуют виды колосковой свиты, сохраняющиеся и через 25 лет после прекращения кошения.

Стадии зарастания пашни, частного огорода и выгона-сенокоса

Стадия сукцессии	Символ	Особенности фитоценоза
Зарастающая пашня		
Залежь 8 лет	П8	Луг с преобладанием <i>Fesuca rubra</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Hieracium umbellata</i>
Залежь 13–14 лет	П13	Почти сформирован древостой из <i>Salix caprea</i> высотой 2–3 м, в травостое <i>Fesuca rubra</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i>
Лес вторичный по залежи 40 лет	П40	Осиново-березовый лес, в напочвенном покрове <i>Vaccinium myrtillus</i> и <i>Stellaria holostea</i>
Лес 100 лет (контроль)	П100	Лес елово-березовый, в напочвенном покрове <i>Vaccinium myrtillus</i>
Зарастающий огород		
Залежь 4 года	О4	Заросли <i>Urtica dioica</i>
Залежь 10 лет	О10	Заросли <i>Rubus idaea</i> и <i>Urtica dioica</i>
Залежь 20 лет	О20	Заросли с преобладанием <i>Bromopsis inermis</i> и <i>Cirsium arvense</i>
Залежь 35 лет	О35	Заросли с преобладанием <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Cirsium arvense</i> , <i>Urtica dioica</i>
Зарастающий выгон-сенокос		
Действующий выгон-сенокос	В0	Луг, в травостое преобладают <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> , <i>Taraxacum officinale</i>
Залежь 10 лет	В10	Луг, единично <i>Rosa acicularis</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Viburnum opulus</i> . В травостое <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Elytrigia repens</i>
Лес вторичный по залежи 25 лет	В25	Березовый лес, сомкнутость крон 0,4 высота 4–5 м, в напочвенном покрове преобладают <i>Veronica chamaedrys</i> , <i>Gallium molugo</i> , <i>Dactylis glomerata</i>

Средневзвешенный балл трофности по Л.Г. Раменскому (Раменский и др., 1956) является одной из индикаторных характеристик экологии местообитания, в ходе демутиации он имеет свою динамику. Так, для ряда 1 выявлен наиболее четкий тренд уменьшения балла трофности с 13 до 7,3 от П8 до П40. В ряду 2 балл трофности не только не уменьшается, но даже увеличивается на 1,5–2 балла через 20 лет после прекращения использования. Для хроноряда 3 выявлено отсутствие какой-либо динамики балла трофности, который до 25 лет варьирует в пределах 10,5–11. Соотношение в напочвенном покрове видов с разной экологической валентностью (Жукова и др., 2010) является важным индикатором скорости демутиации. Для контроля (100-летний лес) доля стеновалентных по трофности видов составляет 90 %. Только для ряда 1 выявлен тренд увеличения доли стеновалентных по трофности видов (от 40 до 70 %) в течение сукцессии с одновременным уменьшением доли мезовалентных. В ряду 2 доля стеновалентных видов по крайней мере 35 лет остается на уровне 50–60 %, в ряду 3 – увеличивается от 45 до 60 %. При оценке соотношения видов по баллам шкал Ландольта – отношения к кислотности и обеспеченности азотом (Landolt, 1977), только для первого хроноряда выявлен тренд возрастания доли ацидофилов и уменьшения нитрофилов.

На основе изученных показателей – число видов, эколого-ценотических свит, доля сорно-рудеральных и терминальных видов, балл трофности и другие – проведен кластерный анализ (рис. 1). Самую обособленную группу образуют молодые залежи по огороду как почти моновидовые. От остальных фитоценозов обособлена группа лесов – П40 и П100. Высокое сходство обнаружено у ранних залежей по пашне и залежей по выгону-сенокосу – на ранних стадиях сукцессии по сельскохозяйственным угодьям, подвергаемым умеренному окультуриванию, происходит конвергенция состава и структуры растительных сообществ. В то же время поздние стадии залежи по огороду имеют больше сходства с молодыми залежами по пашне и сенокосу, чем с 4–10-летними залежами по тому же огороду – из чего следует, что скорость сукцессии по интенсивно удобряемым угодьям гораздо ниже.

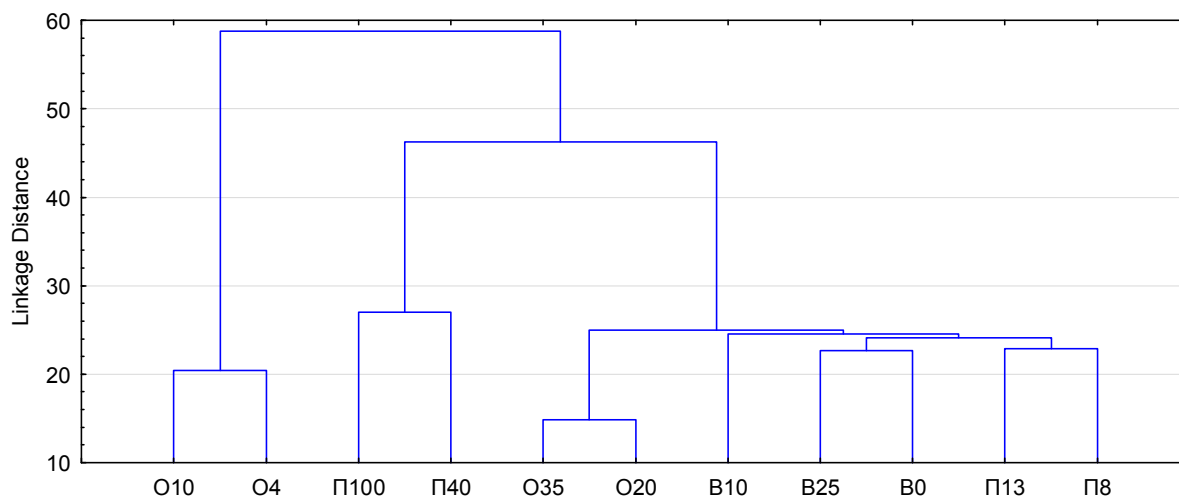


Рис. 1. Результаты кластерного анализа показателей флористических и эколого-ценотических характеристик

Итак, скорость восстановления древостоя, постагрогенная динамика флористического состава травяного яруса, разнообразия и соотношения в нем видов разных эколого-ценотических свит, а также видов разных групп по отношению к почвенным свойствам, во многом детерминированы характером использования в прошлом. Чем меньше почва подвергалась агромелиорации, в частности внесению навоза, тем выше скорость лесовосстановления и появления в напочвенном покрове опушечных, а затем бореальных видов. Длительное сенокосение меняет динамику состава травяного яруса в ходе демутации – сокращение сорно-рудеральной стадии при одновременном замедлении появления лесных видов. На начальных стадиях зарастания при всех типах использования в прошлом выявлена конвергенция ряда флористических и эколого-ценотических характеристик залежей сходного возраста.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований: проект № 18-04-00773 «Запасы органического углерода в почвах и его стабильность как функция землепользования и климата».*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Жукова Л.А., Дорогова Ю.А., Нурмухаметова Н.В., Гаврилова М.Н., Полянская Т.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола, 2010. 208 с.
- Ниценко А.А. Об изучении экологической структуры растительного покрова // Бот. журн. 1969. Т. 54, № 7. С. 1002–1014.
- Огуреева Г.Н. Ботанико-географическое районирование СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 76 с.
- Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 470 с.
- Landolt E. Okologische Zeigerwerts zur Sweizer Flora. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. H. 64. S. 1–208.



## Особенности формирования и функционирования высокогорных лесов Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай)

Е.Н. Тимошок

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия; ten80@mail.ru*

**Аннотация.** В современный период в высокогорных лесах Алтая преобладают лиственничные леса, в которые вкраплены участки старовозрастных кедровых лесов реликтового происхождения. Исследования показали, что существующие кедровые леса являются конечным результатом послепожарной сукцессии, однако достижение этой стадии возможно только в климатические периоды с высоким уровнем осадков. Причиной того, что формирование подобных лесов маловероятно в настоящий период является то, что послепожарная сукцессия идет по модели ингибирования: сукцессионно предшествующий вид (лиственница) препятствует заселению последующего вида (кедр) до момента когда его популяция будет нарушена, в силу чего время необходимое для достижения стадии кедрового леса может составлять до нескольких сотен лет, что не осуществляется на практике из-за частоты пожаров.

**Ключевые слова:** высокогорные леса; послепожарные сукцессии; формирование современных лесов; биогеография Алтая.

## Peculiarities of forming and functioning of the high-mountain forests of the Severo-Chuiski range (Central Altai)

E.N. Timoshok

*Institution of monitoring of climatic and ecological systems of SB RAS, Tomsk, Russia; ten80@mail.ru*

**Abstract.** Larch forests are most common in the modern high-mountain forests of the Altai. Some relic old-growth Siberian stone pine forests are ingrained to them. Our investigations are fetched out the modern Siberian stone pine forests is the final stage of post-fire succession but the reaching of the stage was possible only in periods with high precipitation levels. The cause which prevents forming of such forests in the modern period in a long time required for the succession as post-fire succession is developing by the inhibition model: successional predecessor species (larch) prevent colonization of successor species (Siberian stone pine) until the disturbance will damage the predecessor population. As a result reaching of the stone pine tree stage may require several hundred years. The fires are usually prevent reaching of this stage.

**Key words:** high-mountain forests; post-fire successions; forming of modern forests; Altai biogeography.

Одной из важнейших особенностей горно-ледникового бассейна Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) является наличие в макроэкоотопах бортов долины Актру как типичных для высокогорного Алтая лесов, эдифицируемых лиственницей сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), так и лесов, эдификатором которых выступает кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour). Как кедровые, так и лиственничные леса присутствуют в макроэкоотопах северо-западного и юго-восточного склонов долины, отличающихся уровнями увлажнения и инсоляции, при этом сами эти леса не разделены мезоэкоотопами, предотвращающими перенос семян. Экологические потребности этих эдификаторов в значительной степени сходны (Тимошок и др., 2014), при этом с точки зрения экологической стратегии оба этих вида являются ярко выраженными виолентами. Сочетание экологии видов и особенностей их распространения, казалось бы, должно было бы привести к конкуренции и элиминации одного из видов эдификаторов и связанных с ним типов лесов, однако на практике этого не происходит. Для объяснения этой, на первый взгляд парадоксальной, ситуации и выявления механизмов, обеспечивающих сосуществование этих видов и эдифицируемых ими сообществ, были проведены исследования, направленные на изучение развития этих сообществ, в первую очередь – развития лиственничных лесов.

Согласно литературным данным большая часть существовавших на склонах бассейна лесов была уничтожена обширными пожарами конца XIX в., последствия которых описывались проф. Томского Императорского университета В.В. Сапожниковым (1901). Пожары не затронули старовозрастные кедровые леса на склонах, отделенные от остальной части склонов широкими осыпями, выступившими естественными противопожарными полосами. Прямое изучение истории формирования этих лесов невозможно, ввиду отсутствия участков с сообществами различного возраста, поэтому для решения этой задачи был применен подход к изучению вторичных, в т.ч. послепожарных сукцессий, основывающийся на такой модели вторичной сукцессии, как «изначальный флористический состав», предложенной Ф. Эглером (1954) и доработанной Дж. МакКормиком (1968). Согласно этой модели любая вторичная сукцессия, направленная на восстановление после катастрофы, уничтожившей растительность, но не семенной банк, протекает без появления или элиминации видов, в первую очередь за счет уже присутствующего семенного банка. При этом смены, происходящие в ходе

сукцессии, связаны не столько с появлением и элиминацией видов как при первичной сукцессии, сколько со сменой доминантов, обусловленной различиями в скорости роста растений, при стабильном, присутствующем изначально, флористическом составе. С целью построения реконструкции послепожарной сукцессии в долине р. Актру было проведено исследование видового разнообразия лиственничных лесов; были выявлены потенциальные доминанты ранних стадий развития.

Отсутствие в бассейне широко распространенных лиственных деревьев показало, что стандартная для бореальной зоны последовательность смен «**стадия гари** (разнотравная) – **кустарниковая стадия** – **стадия древесных эксплерентов** (например, осинового леса) – **стадия лиственного леса** (например, березового леса) – **стадия смешанного леса** – **стадия хвойного леса** (например, соснового или кедрового)», приводящаяся, к примеру, у Н.Ф. Реймерса (1991), невозможна в условиях высокогорий Алтая, однако, предшествовавшие исследования первичных сукцессий на моренах ледника Малый Актру, проведенные под руководством Е.Е. Тимошок (Тимошок и др, 2008), показали, что лиственница успешно сменяет кустарники без участия лиственных деревьев. Причина, по которой сформировавшийся лес является именно лиственничным, а не кедровым, несмотря на имеющийся в исследуемых экотопах поток кедровых семян, была установлена по уже существующим сравнительным данным по росту кедрового и лиственничного (Деревья..., 1949). Согласно приведенным данным, скорость роста лиственницы сибирской, превосходит скорость роста любого другого вида хвойных, встречающегося на территории России, в результате чего медленнее растущий кедр не выдерживает конкуренции.

Обобщение полученных результатов позволило установить общий ход сукцессии в лиственничных лесах: **стадия гари** (разнотравная) – **кустарниково-эксплерентная стадия** – **стадия молодого лиственничного леса**. Основными доминантами разнотравной стадии, по-видимому, являются злаки и осоки, доминирующие в участках недавно нарушенных лиственничных лесов и их окнах возобновления, в первую очередь такие как *Calamagrostis pavlovii*, *C. obtusata* и *Carex macroura*. Одновременно, сразу после пожара, начинается рост кустарников и лиственниц. По мере развития кустарников разнотравная стадия сменяется кустарниково-эксплерентной стадией, в которой доминируют не обычные для первичных сукцессий в бассейне Актру олиготрофные ивы, а мезотрофные кустарники – светолюбивая *Betula rotundifolia*, встречающаяся только на открытых местах и потому быстро элиминирующаяся в формирующихся лесах, и обладающие большими фитоценотической силой и теневыносливостью, но меньшими эксплерентными свойствами *Lonicera altaica* и *Betula humilis*. Следующая смена наблюдается при дальнейшем росте лиственниц, который приводит к формированию молодого разнотравного лиственничного леса, с разреженным кустарниковым ярусом, в котором доминирует *Lonicera altaica*.

Изучение этого процесса показало, что прямое формирование кедрового леса невозможно, однако изучение ценоценозического разнообразия лиственничных лесов позволило выявить наличие в их составе лесных сообществ с двумя лесными ярусами: материнским пологом, состоящим из лиственницы сибирской и основным ярусом, состоящим исключительно из кедра. Это позволило прийти к выводу, что **стадия лиственничного леса**, по-видимому является **стадией плато**, предшествующей **стадии материнского полога**, во время которой происходит формирование нового основного яруса состоящего из кедра, и, следующей за ней, **стадии молодого кедрового леса**.

С геоботанической точки зрения все модели развития любого сообщества могут быть сведены к одной из трех моделей: модели содействия, при которой предшествующие смены способствуют последующим (например – большинство первичных сукцессий), модели нейтральности, при которой предшествующие смены не влияют на последующие (к примеру – восстановление после пастбищного сбоя) и модели ингибирования, при которой предшествующие смены препятствуют формированию следующих (Connel, Slatyer, 1974). Развитие кедровых лесов в условиях высокогорных лесов Алтая идет именно по модели ингибирования. Лиственничный лес способен сформироваться в ходе послепожарной сукцессии, но по какой-то причине (изменения pH почвы, светового режима, конкуренции др.) не способен к самовосстановлению, но при этом успешно препятствует заселению кедра. В силу неспособности лиственничного леса к самовосстановлению, стадия плато ограничена по времени сроком жизни лиственницы (до 500 лет). При гибели лиственницы в результате воздействия нарушений или от естественного старения, происходит переход на стадию материнского полога, и, в конечном счете, формирование кедрового леса.

Таким образом, полная сукцессия лесов в высокогорном Алтае выглядит как **стадия гари** (разнотравная) – **кустарниково-эксплерентная стадия** – **стадия молодого лиственничного леса** – **стадия плато** – **стадия материнского полога** – **стадия молодого кедрового леса**. Очевидно, что в

этой схеме лиственнице отведена роль, которую в равнинных условиях выполняют лиственные деревья с эксплерентной стратегией, например – береза и осина, а основная смена осуществляется не в варианте «эксплерент – виолент», а в варианте «более слабый виолент – более сильный виолент».

На практике, в настоящее время, эта сукцессия не завершается полностью. Все выявленные кедровые леса долины являются реликтовыми, время, прошедшее с момента их формирования, превышает 500–600 лет. Все эти леса расположены в защищенных от пожаров местообитаниях. Интервалы же между крупными лесными пожарами в условиях Алтая значительно меньше времени, требующегося для завершения стадии плато. Однако данные по составу леса и климату, полученные посредством спорно-пыльцевого анализа (Blyakharchuk et al., 2004) свидетельствуют о том, что эта сукцессия успешно завершалась на больших территориях в более влажные периоды, для которых характерна меньшая частота пожаров. Снижение количества золы и сильный рост количества кедровой пыльцы в изученных отложениях свидетельствуют о сокращении числа пожаров и существовании обширных кедровых лесов. В более сухие периоды, такие как современный, в отложениях возрастает количество золы, что свидетельствует о росте числа и силы лесных пожаров, а отложение пыльцы кедрового дерева значительно снижается. При этом, наличие в кедровых лесах нескольких поколений (Timoshok et al., 2016) свидетельствует о том, что сами кедровые леса, в отличие от лиственничных, способны к прямому самовосстановлению в случае нарушений или гибели значительного числа деревьев, обусловленного старением.

Таким образом, сосуществующие в условиях долины р. Актру лиственничные и кедровые леса представляют собой различные этапы сукцессии. Более фитоценологически сильный кедр не способен к заселению в лиственничные леса до того, как они подвергаются сильному нарушению, в то же время лиственница не способна к заселению в кедровые леса до их уничтожения в результате какой-либо катастрофы. Кедровые леса, в отличие от лиственничных, способны к эффективному самовосстановлению, однако при этом возможность их формирования в современный период ограничена климатическими условиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Деревья и кустарники СССР*. М. ; Л. : Издательство Академии наук СССР. 463 с.
- Реймерс Н.Ф. Популярный биологический словарь. М. : Наука, 1991. 537 с.
- Сапожников В.В. Катунь и ее истоки. Томск : Паровая типолитография П.И. Макушина, 1901. 271 с.
- Тимошок Е.Е., Нарожный Ю.К., Диркс М.Н. Динамика ледников и формирование растительности на молодых моренах Центрального Алтая. Томск : Изд-во НТЛ, 2008. 208 с.
- Тимошок Е.Е., Тимошок Е.Н., Скороходов С.Н., Скороходов С.Н., Березов А.А. Экология кедрового сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и лиственничного сибирского (*Larix sibirica* Ledeb.) в горно-ледниковых бассейнах Алтая // Экология. 2014. № 3. С. 204–221.
- Blyakharchuk T.A., Wright H.E., Borodavko P.S. van der Klap W.O., Ammann B. Late glacial and Holocene vegetational changes on the Ulagan high-mountain plateau, Altai mountains, southern Siberia // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2004. № 209. P. 259–279.
- Connell J.H., Slatyer R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization // American Naturalist. 1977. № 11. P. 1119–1144.
- Egler F. Vegetation science concepts I. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development // Vegetatio Acta Geobotany. 1954. № 4. P. 412–417.
- McCormick J. F. Succession // Via. 1968. № 1. P. 22–36.
- Timoshok E.E., Timoshok E.N., Gureyeva I.I., Skorokhodov S.N. Primary successions of vegetation on the young moraines in the Severo-Chuiskiy center of glaciation // Contemporary Problems of Ecology. 2020. Vol. 13, № 1. P. 36–47.
- Timoshok E., Timoshok E., Nikolaeva S., Savchuk D., Filimonova E., Skorokhodov S., Bocharov A. Monitoring of high-altitude terrestrial ecosystems in the Altai Mountains // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. № 48. P. 012008.

## Культура баклажана (*Solanum melongena* L.) в Сибири

С.В. Угарова

Агрофирма «Сибирский сад», Новосибирск, Россия; ugarovasv@mail.ru

**Аннотация.** Культура баклажан в сибирских условиях испытывает стрессовые нагрузки из-за несоответствия климатических условий территории биологическим требованиям теплолюбивого вида растений. Адаптации вида способствует селекционная работа с учётом ботанического видового разнообразия культуры и использовании в полной мере мирового разнообразия биологических свойств и морфологических качеств растений.

**Ключевые слова:** биология развития, культура баклажан, сорт, селекция, семеноводство, климат Сибири, адаптивность.

## Eggplant culture (*Solanum melongena* L.) in Siberia

S.V. Ugarova

Agrofirma "Siberian Garden", Novosibirsk, Russia; ugarovasv@mail.ru

**Abstract.** Under Siberian conditions, aubergine (eggplant) is stressed by the difference between region climatic parameter and the thermophilic plant species requirements. Plant selection with reference to the crop botanical species diversity and the full use of worldwide biological characteristic variety and morphological features of plants provides the adaptation of species.

**Key words:** developmental biology, aubergine, variety, selection, seedage, Siberian climate, adaptability.

Культура баклажана недостаточно оценена населением Сибири. Этот «заморский» гость имеет достаточно широкую рекламу, как мощный источник физиологически-активных веществ, как диетический и питательный продукт, повышающий тонус и здоровье человека, но полноценное выращивание его на приусадебных участках и фермерских полях Сибири сдерживается высокими биологическими требованиями и трудоёмкостью в производстве, поскольку баклажан является самым теплолюбивым представителем семейства Пасленовых. Для возделывания этой культуры благоприятны зоны со среднесуточной температурой 15–17°C, ведь именно при температуре не ниже +15°C у баклажана начинается цветение и завязываются плоды. В сибирских условиях такие параметры в открытом грунте могут быть только в июле, но и то – не каждое лето! При переходе к генеративному развитию (образование бутонов и цветков) чувствительность растений к понижению температуры (даже кратковременному) возрастает.

Как известно, *S. melongena* (видовое название культурного баклажана) предположительно произошел от дикого вида *S. incanum*, окультуренного в Индии и Юго-Восточном Китае (рис. 1).



Рис. 1. Дикая форма баклажана в Ботаническом саду Китая, 2010 г.

Согласно данным ряда авторов (Боос и др., 1971, Ушаковой, 1965) имеют распространение 2 подвида баклажана: восточно-азиатский и западно-азиатский. До 1982 г. все районированные в СССР сорта относились к западно-азиатскому подвиду (Бакулина, 1982). Такое однообразие в селекции баклажана было связано с тем, что основные селекционные центры по данной культуре располагались на юге европейской части России и сопредельных стран, где больше подходят сорта западно-азиатского подвида, сформировавшиеся на юге Европы. На основании имеющихся литературных сведений можно дать следующую характеристику этим подвидам:

*Западно-азиатский подвид* включает среднеспелые и позднеспелые сорта. Представлен растениями средней высоты или высокими. Кусты сомкнутые, реже полураскидистые. Стебель и побеги сравнительно толстые, зеленые, к вершине со слабо-фиолетовой пигментацией. Листья крупные, яйцевидные или удлинненно-яйцевидные, зеленые, опушенные, черешок и жилки зеленые или со светло-коричневой пигментацией. Плоды сравнительно крупные, разнообразной формы: цилиндрические, шаровидные, грушевидные и др. Окраска плодов в технической спелости коричневато-фиолетовая, фиолетовая, темно-фиолетовая до почти черной. Мякоть средней плотности, зеленовато – или желтовато-белая, со слабой (иногда сильной) горечью.

*Восточно-азиатский* – представлен сортами с ранними и редко – средними сроками созревания. Растения этой группы низкорослые или средние по высоте, раскидистые, редко сомкнутые. Стебли тонкие, окрашенные в зелено-фиолетовый или темно-фиолетовый цвет. Листья мягкие, черешок и нервация темно-фиолетовая, цельнокройные или слабовыемчатые яйцевидной или удлинненно-яйцевидной формы. Окраска листовой пластинки темно-зеленая или густо усеяна темно-фиолетовыми точками и поэтому они приобретают вид фиолетовой окраски. Плоды по форме грушевидные, шаровидные, удлинненно-цилиндрические или змеевидные, мелкого или среднего размера, темно-фиолетовой окраски со сравнительно плотной мякотью зеленоватого цвета. Цветки сине-фиолетовые одиночные или собраны в небольшие кисти. Очаги формообразования этого подвида – Китай, Япония, откуда они распространились в другие страны Азии, Европы и Америки. К восточноазиатскому подвиду относятся сортоотипы китайской, японской, тайской и индийской селекции.

Н.И. Вавилов (1935) считал важной проблемой поиск экологических фонов для оценки исходного материала. Нужно вести селекцию, подчеркивал он, по известным желательным признакам в таких условиях климата, в каких и предполагается дальнейшее использование полученного сорта. Среда, писал Серебровский (1973), является одним из главных «оценщиков» признаков. В процессе селекции важно обеспечивать приспособленность создаваемого сорта к наиболее типичным для данной местности условиям среды, поэтому селекционная работа в Сибири с таким требовательным к условиям возделывания растением каким является баклажан имеет важное значение для культуры. Поскольку сибирскую территорию можно и нужно отнести к периферии вида, обычно в новых экологических условиях могут, по образному замечанию Вавилова (1940), возникать новообразования типа мутаций и, как отмечает Алпатьев (1970), при этом наблюдаются большие различия по степени изменчивости ряда признаков, вплоть до возникновения новых биотипов.

В современный период в Государственном Реестре РФ находятся 14 сибирских сортов баклажан: 5 сортов в агрофирме «Сибирский сад» – *Японский карлик*, *Северянин*, *Сердцевидный*, *Большой увалень*, *Кабанчик*; 4 сорта Западно-Сибирской станции – *Вера*, *Диалог*, *Внучок*, *Кубышка*; 2 сорта агрофирмы «Деметра Сибирь» – *Восточный экспресс*, *Шаровидный*; 1 сорт агрофирмы «Агрос» – *Фиолетовый шар*; 1 сорт ФГБНУ «ИЦиГ» СО РАН – *Глобус* и 1 сорт ФГБНУ «Центральный сибирский ботанический сад» СО РАН *F<sub>1</sub> Сибирский аргумент*. К сожалению, имея практические результаты в селекции, обобщать итоги, обсуждать перспективы, исследовать генетические особенности культуры баклажана представители местных научных учреждений не спешат.

Мировые лидеры (по данным Мамедова, 2015 г.) по производству баклажана – Китай, Индия, Турция и Египет, из стран бывшего СССР – Азербайджан, Украина и Казахстан. В Европе лидером является Испания, но наибольшая урожайность культуры отмечена в Нидерландах и Бельгии в условиях защищённого грунта. В России баклажан является перспективной культурой, и по мере спроса на его плоды, формируется спрос и на сорта.

Перспективные направления селекции баклажана должны быть связаны с увеличением продуктивности и удешевлением продукции. Их параметры определяются зоной выращивания и способом использования плодов. Исследованиями О.П. Кигашпаевой (2007), Ю.И. Авдеева (2004), Е.А. Хихлухи (2008), Ф.К. Бажмаевой (2009) определено, что задачи и направления селекции баклажана состоят в создании специализированных сортов различного назначения с высокими технологическими и эстетическими качествами плодов, пригодных в приготовлении более изысканной и диетической продукции для промышленного консервирования и домашней кулинарии. Работы, выполненные в различных научно-исследовательских учреждениях, подтверждают мнение о том, что создаваемые и внедряемые сорта и гибриды баклажана должны быть узкоспециализированные для различных зон выращивания и особенностей использования (Гиш, 1999, Бухаров, 2000). Согласно отраслевым стандартам на типовые технологические процессы (2003) меняются требования к форме плодов баклажан в зависимости от вида изготавливаемой продукции. При использовании баклажана для приготовления продукта в виде сотэ – резаных плодов, жареных кружочками, предпочтительно

использовать сорта с плодами цилиндрической и удлинённо-цилиндрической формы, 15–25 см. длиной и 3,5–5,0 см. диаметром. Для приготовления икры, маринованных, соленых баклажанов лучше сорта с округлой, грушевидной или удлинённо-грушевидной формой. Плоды грушевидной формы небольших размеров используют для приготовления фаршированных баклажанов.

Молодые плоды баклажана невкусные, так как содержат много кислоты и дубильных веществ. Однако при полном созревании, когда семена становятся всхожими и затвердевают, мякоть становится грубой и несъедобной. Между этими двумя состояниями находится фаза сбора урожая в технической спелости – когда плоды наиболее пригодны для употребления. При приближении биологической спелости плод начинает осветляться, постепенно от кончика к чашечке. Баклажаны, оставленные на более длительный срок, становятся бледными и непривлекательными. Однако, плоды, собранные незрелыми, быстро сморщиваются, становятся мягкими, и срок их годности при хранении быстро сокращается. Поэтому плоды убирают полурезлыми – в технической спелости, которая определяется по сильному блеску и интенсивной окраске плодов (зависит от сорта). В это время семена у них мелкие, мякоть нежная. Плоды хранятся 2–3 недели при температуре 12–15°C, влажности воздуха 80 % во избежание потери воды и дряблени плодов. Более высокая влажность или температура на 5–6°C могут привести к поражению серой гнилью. Температура более 20°C может вызвать нарушение окраски плодов. Важным замечанием для условий Сибири является большая изменчивость окраски плодов открытого и защищённого грунта при снижении освещённости плода. При высокой инсоляции летних месяцев в Сибири, длительность этого периода недостаточна для формирования плодов с той интенсивностью черно-фиолетовой окраски плодов, которой характеризуется большинство сортов западного подвида.

Закрепление культуры в новом ареале происходит тогда и в таких условиях, когда растение становится способно дать потомство, т.е. сформировать семена. Физиологически созревание семян у баклажана происходит скрытно, так как нет чётких видимых признаков перехода плодов в фазу биологической спелости. Стадию сбора у биологически спелых плодов (на стадии созревания семян) баклажана при семеноводстве трудно определить сразу. Незрелые плоды изначально имеют окраску типичную для сорта, которые при полном биологическом созревании (созревании семян) сильно осветляются, например, у сорта Японский карлик, Северный принц и Большой увалень. Плоды желтеют, например, у сорта Кабанчик или теряют глянец, как у сорта Северянин. У сорта Сердцевидный на плодах с созревающими семенами на первоначальной стадии в окраске плодов образуются коричневые штрихи. Сорта баклажана сибирской селекции характеризуются достаточно высокой семенной продуктивностью (от 5,0 до 10,6 г с 1 плода) при высокой вариабельности данного признака ( $C_x = 20\text{--}25\%$ ). Низкая отдача семян у 1 плода скороспелого сорта Японский карлик, но при этом на растении сорта способно вызреть в среднем 4–5 плодов, и за счёт этого общая урожайность семян сорта почти на уровне других сортообразцов (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика семенной продуктивности сортов баклажана для Сибири

Сорт	Подвид, разновидность	Вес семян с 1 плода, г		Урожай семян, г/м <sup>2</sup> (защищённый грунт)		Урожай плодов, кг/м <sup>2</sup> , открытый грунт, min–max
		среднее	$C_x\%$	среднее	$C_x\%$	
Северный принц	Восточно-азиатский, китайский	8,2	18,5	49,2	39,2	2,5–7,0
Японский карлик	Восточно-азиатский, японский	5,0	28,3	45,0	40,5	5,5–6,0
Северянин	Западно-азиатский	9,7	25,7	39,8	55,2	3,5–6,0
Кабанчик	Восточно-азиатский, японский	9,0	20,6	36,0	42,1	3,5–6,0
Сердцевидный	Западно-азиатский	6,5	29,2	30,7	60,4	3,0–5,5
Большой увалень	Западно-азиатский,	10,6	12,3	25,1	58,7	1,5–5,0

Постоянство семенной продуктивности растения – показатель стабильности вида и характеризует адаптивные возможности сорта. Баклажан способен в одном плоде формировать столько семян, что при существующем высоком коэффициенте размножения даёт возможность вести семеноводство с ограниченным количеством растений и довольно быстро размножить новые сортообразцы даже в сибирских условиях.

Каждый сорт имеет свои отличительные особенности в ведении семеноводства с ним (рис. 2). Например, сорт Кабанчик обладает повышенным риском прорастания семян в семенных пазухах плодов. Сорт Большой увалень способен партенокарпически формировать плоды, без образования семян. Для потребительских характеристик это важный отличительный признак, способный повлиять на вкус и

качество продуктов переработки сорта. В тоже время для семеноводства этот признак играет негативную роль для распространения семян. Сорта Северный принц и Японский карлик имеют наиболее благоприятные характеристики семенной продуктивности и формируют семена высоких семенных кондиций (на уровне элитных семян). При этом показателем высокой адаптивности этих сортов к выращиванию в Сибири является высокая энергия прорастания семян, в противовес сорту Северянин, у которого семена наряду с высокой всхожестью характеризуются пониженной энергией прорастания. В целом, теплолюбивому баклажану в Сибири не хватает солнца и тепла, поэтому зачастую семена сибирских сортов способны сохранять посевные кондиции семян только 1–2 года, тогда как семена, полученные в более благоприятных температурных условиях, хранятся до 7–8 лет.

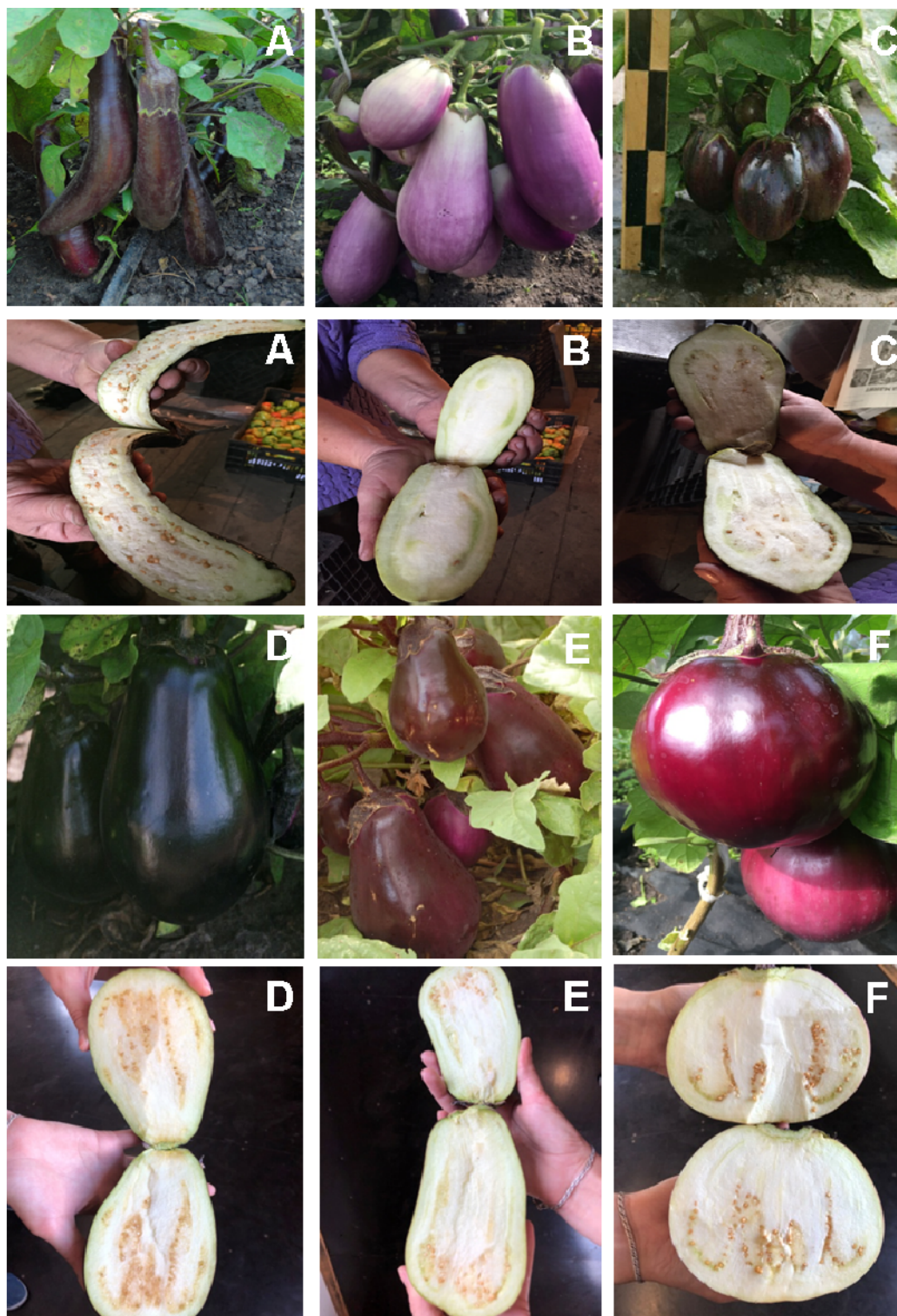


Рис. 2. Сибирские сорта баклажана в продуктивную и семенную стадию развития растений:  
 А – Северный принц; В – Кабанчик; С – Сердцевидный; D – Северянин; Е – Японский карлик; F – Большой увальень

Характеристика сибирских сортов баклажан по морфологическим признакам в соответствии с группой спелости и стандартным сортам

Сорт	Куст		Плод		
	Форма	Высота стебля, см	Форма плода	Масса плода, г	Окраска мякоти плода
Скороспелая группа (95–100 дней)					
Северный принц	Сомкнутый	55–60	Удлиненно-цилиндрическая	200–250	Зеленоватая
Японский карлик	Раскидистый	40–50	Грушевидная	150–200	Зеленоватая
Скороспелый 128-стандарт	Сомкнутый	60–65	Каплевидная	100–150	Зеленоватая
Среднеспелая группа (110–115 дней)					
Северянин	Сомкнутый	70–75	Каплевидная	250–300	Беловатая
Кабанчик	Раскидистый	50–65	Цилиндрическая	150–250	Белая
Сердцевидный	Сомкнутый	70–75	Сердцевидная	250–300	Зеленоватая
Алмаз-стандарт	Сомкнутый	75–80	Каплевидная	250–300	Светло-зеленая
Позднеспелая группа (более 140 дней)					
Большой увалень	Полураскидистый	70–80	Плоско-округлая	более 500	Белая
Глобус-стандарт	Сомкнутый	70–80	Круглая	400–500	Белая

Отличительной особенностью роста и развития баклажана в Сибири является снижение продуктивности растений. В сравнении с аналогичными показателями растений европейской части России по скороспелой группе это снижение оценивается в 25–40 %. В случае использования сортов позднеспелой группы западного подвида типа Клоринды, Валентины в условиях открытого грунта урожай плодов очень мал. В целом, по соотношению урожая и качества плодов в наиболее выгодном виде представляется группа среднеспелых сортов. В динамике потребительского поступления плодов лучшим вариантом использования является равномерное соотношение сортов разного назначения и технической спелости плодов.

Когда речь идёт о селекции, любое обсуждение заканчивается перечислением перспектив в работе с данной культурой, и о баклажанах в Сибири разговор особый. И всё-таки перспективы есть. Например, вот так выглядят кистевые формы баклажана (рис. 3).



Рис. 3. Кистевая форма баклажана:

А – завиток; В – соцветие; С – плодоношение; D – перспективный сорт баклажана Сибирский кистевой

В образцах с увеличенным числом цветков в «кисти» было отмечено и ещё одно достоинство – скороспелость. И хотя ботанически выверенное название соцветия баклажана – завиток, в производственных условиях более удобным понятием является кисть. Это значит, что на растении одновременно формируется не один плод, а несколько и в кисти – по аналогии с томатами. Наряду с интенсивностью образования плодов в образце происходило ускоренное формирование и созревание семян, что значительно ухудшает потребительские качества плодов. По итогам испытания, в течение нескольких лет удалось сформировать образцы с более крупными плодами, которые, сохраняя многозачатковую кисть, не становятся жесткими из-за зрелых семян. При этом плоды такого образца можно использовать для переработки на 7–10 дней раньше, чем самый скороспелый сорт в нашей сибирской зоне – сорт восточно-азиатского подвида – Японский Карлик. В сочетании с другими достоинствами образца – увеличенным количеством одновременно пригодных к употреблению плодов, белой мякотью и нежным вкусом, возможностью использовать для цельноплодного консервирования и запекания на гриле, такая форма баклажана становится приоритетной в селекционной программе.



## ЛИТЕРАТУРА

- Авдеев Ю.И., Иванова Л.М., Кигаптаева О.П.* Селекция пасленовых культур на устойчивость к физиологическим заболеваниям // Материалы Международной научно-практической конференции по пасленовым культурам. Астрахань, 2004. С. 87–96.
- Апатыев А.В., Хренова В.В.* Баклажаны. М. : Колос, 1978. 98 с.
- Бажмаева Ф.К.* Оценка коллекционных образцов, подбор доноров для селекции и создание сортов перца сладкого и баклажана для Нижнего Поволжья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Астрахань, 2009. 25 с.
- Бухарова А.Р., Бухаров А.Ф.* Репродуктивные взаимоотношения культивируемых и дикорастущих форм в родовых комплексах томата, перца и баклажана // Докл. ТСХА. 2002. Вып. 274. С. 393–396.
- Вавилов Н.И.* Теоретические основы селекции растений. М. ; Л., 1935. 576 с.
- Гиш Р.А.* Биологический потенциал перца сладкого, баклажана и его использование в условиях Западного Предкавказья : автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1999. 49 с.
- Кигаптаева О.П.* Селекция баклажана для аридной зоны Нижнего Поволжья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Астрахань, 2007. 27 с.
- Кружилин А.С., Шведская З.М.* Помидоры, перцы, баклажаны. Биология и агротехника. М. : Россельхозиздат, 1972. 144 с.
- Мамедов М.И., Пышина О.Н., Джос Е.А., Шмыкова, Супрунова Т.П., Митрофанова О.А., Верба В.М.* Баклажан (*Solanum* spp.). М. : Изд-во ВНИИССОК, 2015. 264 с.
- Пивоваров В.Ф., Мамедов М.И., Бочарникова.* Пасленовые культуры в нечерноземной зоне России (томат, перец, баклажан, физалис). М., 1997. 293 с.
- Пышина О.Н.* Баклажаны и перцы. М., 2002. 126 с.
- Хихлуха Е.А.* Подбор исходного материала для адаптивной селекции баклажана и разработка основ его семеноводства в условиях юга Дальнего Востока : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Артём, 2008.
- Цыдендамбаев А.* Баклажаны в Голландии // Мир теплиц. 2006. № 2. С. 47–49.

## Молекулярно-филогенетический анализ семейства Cystopteridaceae Северной Азии на основе локусов хлоропластной ДНК

Д.О. Улько<sup>1</sup>, И.И. Гуреева<sup>1,2</sup>, Р.С. Романец<sup>1</sup>, А.А. Кузнецов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; gureyeva@yandex.ru, ulko.den@gmail.com

<sup>2</sup> Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, Томск, Россия

**Аннотация.** Приводятся результаты молекулярно-филогенетических исследований, основанных на секвенировании гена *matK* и межгенного спейсера *trnG-R* хлоропластной ДНК и анализе комбинированных данных нуклеотидных последовательностей этих локусов представителей семейства Cystopteridaceae Северной Азии. В роде *Gymnocarpium* выделена *dryopteris*-клада, включающая вид без железистого опушения вайй – *Gymnocarpium dryopteris*; виды, имеющие железисто-опушенные вайи образуют *robertianum*-кладу, включающую *G. robertianum* и *G. fedtschenkoanum*, и 2 субклады, включающие *G. continentale*, *G. jessoense* и *G. tenuipes*. В роде *Cystopteris* анализ подтвердил обособленность *C. montana* от остальных видов рода и обособленность *C. sudetica* от *C. fragilis*-комплекса, что свидетельствует в пользу выделения монотипного рода *Rhizomatopteris*, включающего только *Rh. montana* ( $\equiv$  *Cystopteris montana*), и позволяет признать выделение секции *Khokhrjakovia* (с *C. sudetica*) в пределах рода *Cystopteris*. Виды типового подрода *Cystopteris* (*Cystopteris fragilis*-комплекс) с помощью такого анализа разделить не удалось.

**Ключевые слова:** папоротники, молекулярная филогения, хлоропластная ДНК, *Cystopteris*, *Gymnocarpium*, *Rhizomatopteris*.

## Molecular-phylogenetic analysis of the Cystopteridaceae family from North Asia based on plastid DNA loci

D.O. Ulko<sup>1</sup>, I.I. Gureyeva<sup>1,2</sup>, R.S. Romanets<sup>1</sup>, A.A. Kuznetsov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation; gureyeva@yandex.ru, ulko.den@gmail.com

<sup>2</sup> Tomsk Oil and Gas Design and Research Institute, Tomsk, Russia; gureyeva@yandex.ru

**Abstract.** The results of molecular phylogenetic studies based on the sequencing of *matK* gene and *trnG-R* intergenic spacer of the chloroplast DNA and analysis of the concatenated data of these loci of North Asian representatives of the Cystopteridaceae family are presented. In the genus *Gymnocarpium*, a *dryopteris*-clade was distinguished including species without glandular pubescence of fronds – *Gymnocarpium dryopteris*. Species having glandular pubescent fronds have formed the *robertianum*-clade (*G. robertianum* and *G. fedtschenkoanum*), and 2 subclades, including *G. continentale*, *G. jessoense*, and *G. tenuipes*. In the genus *Cystopteris*, the analysis confirmed the separation of *C. montana* from other *Cystopteris* species, and the separation of *C. sudetica* from the *C. fragilis*-complex. This advocate the recognition of monotypic genus *Rhizomatopteris* including *Rh. montana* ( $\equiv$  *Cystopteris montana*), and allows to recognize the section *Khokhrjakovia* (with *C. sudetica*) within the genus *Cystopteris*. This analysis did not allow to separate the species of the type subgenus *Cystopteris* (*C. fragilis*-complex) from each other.

**Key words:** ferns, molecular phylogeny, chloroplast DNA, *Cystopteris*, *Gymnocarpium*, *Rhizomatopteris*.

В настоящее время выделение семейства Cystopteridaceae (Payer) Schmakov в качестве самостоятельного (Шмаков, 2001; Christenhusz et al., 2011; Schuetzel et al., 2016) признано и подтверждено молекулярными исследованиями хлоропластной ДНК (Rothfels, 2012, 2013) в составе четырех родов *Acystopteris* Nakai, *Cystoathyrium* Ching, *Gymnocarpium* Newman и *Cystopteris* Bernh. Еще в 1985 г. А.П. Хохряков описал род *Rhizomatopteris* А.П. Khokhr., к которому отнес 2 вида – *Rh. montana* (Lam.) Khokhr. ( $\equiv$  *Cystopteris montana* (Lam.) Bernh. ex Desv.) и *Rh. sudetica* (A. Braun et Milde) А.П. Khokhr. ( $\equiv$  *C. sudetica* A. Braun et Milde), однако целесообразность выделения этого рода до сих пор остается дискуссионной. В разные годы с территории бывшего СССР описано 6 видов семейства, которые пока не вовлекались в глобальные молекулярно-филогенетические исследования, в том числе специально посвященные этому семейству (Rothfels et al., 2013, 2014): *Gymnocarpium continentale* (Petrov) Pojark. (Петров, 1930), *Cystopteris altajensis* Gureeva (Гуреева, 1985) и *C. gureevae* Stepanov (Степанов, 2015) из Сибири, *Gymnocarpium tenuipes* Pojark. ex Shmakov (Пояркова, 1950; Шмаков, 1995) и *Cystopteris almaatensis* Kotukh. (Котухов, 1966) из Казахстана и *Gymnocarpium fedtschenkoanum* Pojark. из Таджикистана (Пояркова, 1950). Ранее мы (Гуреева и др., 2019; Gureyeva et al., 2020) проанализировали образцы *Gymnocarpium* и *Cystopteris* (включая *Rhizomatopteris*) отдельно по локусам *matK* и *trnG-R* хлоропластной ДНК.

Целью настоящего исследования является молекулярно-филогенетический анализ семейства Cystopteridaceae на основе комбинированных последовательностей *matK+trnG-R* хлоропластной ДНК.

### Материалы и методы

Для выделения ДНК использованы высушенные в силикагеле образцы, собранные в основном авторами с 2015 по 2019 г. в России (Алтай, Саяны, Кузнецкий Алатау, Средне-Сибирское плато), Австрии

(горы Арльберг), Таджикистане (Памир), США (Виргиния). Образцы 2 видов присланы М. Нобисом (Польша) и Н. McNaffie (Великобритания), некоторые образцы отобраны в Гербарии ТГУ. ДНК выделяли по протоколу производителя наборов для выделения ДНК (Барнаул) или стандартным СТАВ методом (Rogers, Bendich, 1989). Качество и количество ДНК проверяли на спектрофотометре «Implen P330». Секвенирование локусов *matK* и *trnG-R* хлоропластной ДНК проводилось использованием праймеров, известных по литературным данным (Rothfels et al., 2013). ДНК всех образцов подготовлена к секвенированию в лаборатории структурного и молекулярного анализа растений ТГУ, секвенирование проводилось в ООО «Синтол» (Москва). Всего получено 100 нуклеотидных последовательностей (сиквенсов) 9 видов *Cystopteris*, включая *Rhizomatopteris*, – 60 сиквенсов, 6 видов *Gymnocarpium* – 40 сиквенсов (список исследованных образцов в конце статьи). Полученные данные о последовательностях исследуемых локусов выравнивались с применением алгоритма MUSCULE, филограммы построены методами Maximum Likelihood (ML) и MrBayes: ML в пакете программ для обработки молекулярных данных MEGA X (Molecular Evolutionary Genetics Analysis) (Kumar et al., 2015); байесовский анализ осуществлён в программе MrBayes 3.2.6 с учётом наилучшей модели нуклеотидных замен, протестированной в jModelTest 2.1.10. Здесь приводится филограмма, построенная по методу ML (рис. 1).

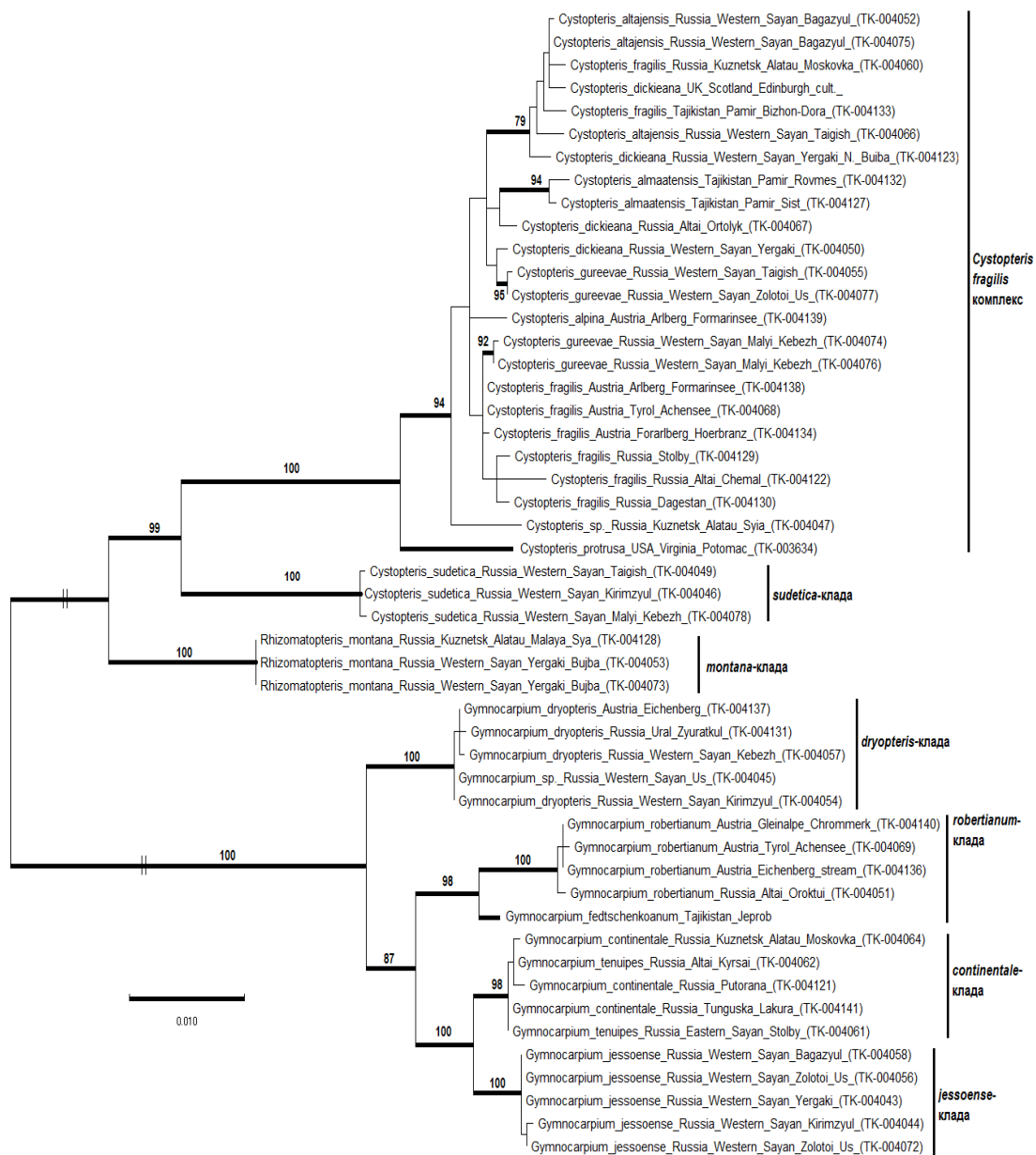


Рис. 1. Филограмма семейства Cystopteridaceae, построенная на основе объединенных сиквенсов гена *matK* и межгенного спейсера *trnG-R* хлоропластной ДНК методом Maximum Likelihood (ML).  
Примечание. Над ветвями указаны значения бутстреп-поддержки в %, утолщенные линии показаны ветви с бутстреп-поддержкой более 70 %

## Результаты и обсуждение

В филограммах, построенных по объединенным сиквенсам *matK* и *trnG-R* в основном достигнуто лучшее разрешение (рис. 1), чем отдельно по локусам *matK* (Гуреева и др., 2019) и *trnG-R* (Gureyeva et al., 2020).

В роде *Cystopteris* выделяется 3 хорошо поддержанные клады (бутстреп-поддержка 100 %): *montana*-клада, включающая *Cystopteris (Rhizomatosperis) montana*, *sudetica*-клада, включающая *C. sudetica*, и *Cystopteris fragilis*-комплекс, в который вошли виды, принадлежащие к подроду *Cystopteris*. *Montana*-клада занимает сестринское положение к остальному *Cystopteris*, *sudetica*-клада – к *C. fragilis*-комплексу. Подобная же топология *Cystopteris montana* и *C. sudetica* отмечается и в филограммах С. Rothfels с соавторами (2013, 2014). R.F. Blasdell (1964) объединял эти виды в один надвидовой таксон – описанную им секцию *Emarginatae* Blasdell; А.П. Хохряков (1985) включил оба вида в описанный им род *Rhizomatosperis* А.Р. Khokhr. А.И. Шмаков с соавторами (Shmakov, 2018) отнес оба вида к подроду *Emarginatae* (Blasdell) Shmakov, но к разным секциям – *Emarginatae (C. montana)* и *Khokhrjakovia (Tzvel.) Shmakov (C. sudetica)*. Как показано нами ранее (Gureyeva, Kuznetsov, 2015; Гуреева и др., 2018) по морфологическим, биоморфологическим и ультраструктурным признакам *C. montana* и *C. sudetica* имеют больше различий, чем сходства: их длинные плетевидные ризомы отличаются разным способом ветвления и нарастания – филлогенное ветвление с моноподиальным нарастанием у *C. montana* и акрогенное ветвление с моноподиально-дихотомическим нарастанием у *C. sudetica*; на базальном пере наибольшую длину у первого имеет базальное базископическое перышко, у второго – следующее за ним или третье от основания, скульптура периспория у первого образуется ширококоническими полыми сетчатыми структурами, у второго периспорий крупношиповатый. Опираясь не только на генетические, но и на хорошо выраженные фенетические различия, мы считаем возможным рассматривать *C. montana* в составе монотипного самостоятельного рода *Rhizomatosperis*, тем более что именно этот вид был избран А.П. Хохряковым (1985) типовым видом описанного им рода. *Cystopteris sudetica* возможно оставить в секции *Khokhrjakovia (Tzvel.) Shmakov*, описанной Н.Н. Цвелевым (2005) в пределах рода *Rhizomatosperis*, но переведенной А.И. Шмаковым с соавторами (Shmakov et al., 2018) в подрод *Emarginatae* рода *Cystopteris*.

Основное число видов *Cystopteris* принадлежит крупной кладе – *Cystopteris fragilis*-комплексу, формально эти виды относятся к типовому подроду *Cystopteris (sensu А.И. Шмаков)* (Шмаков, 2001; Shmakov et al., 2018). Как и в исследовании С. Rothfels с соавторами (2013), клада в целом не получила разрешения. В этой кладе апалачский диплоид *C. protrusa* занимает сестринское положение к крупной кладе, включающей все остальные исследованные виды. Клада разделяется с невысокой поддержкой на 2 неразрешенные субклады, одна из которых включает *C. altajensis*, *C. almaatensis*, *C. dickieana*, *C. fragilis* и *C. gureevae*, другая – только *C. fragilis* и *C. gureevae*.

*Cystopteris gureevae* – предполагаемый гексаплоид с шиповатыми спорами (Улько и др., 2017) в обеих субкладах образует конечные ветви, отделяющиеся с довольно высокой поддержкой (92 и 95 %). *Cystopteris altajensis* – гексаплоид ( $n = 126$ ) с шиповатыми спорами (Gureyeva, Kuznetsov, 2015; Gureyeva et al., 2017) группируется с *C. fragilis* и *C. dickieana* из разных географических пунктов, *C. almaatensis* – предполагаемый гексаплоид со складчатыми спорами (Gureyeva, Kuznetsov, 2015; Улько и др., 2017) – образует высоко поддержанную (94 %) конечную ветвь. Образец с неясным определением из Кузнецкого Алатау (Республика Хакасия, окр. пос. Сья) не объединился ни с одним из образцов разных видов. Такие растения были обнаружены еще в 1982 г., в 2016 г. сборы повторены на том же месте. От *C. fragilis* отличается более крупными размерами, яйцевидной в общем очертании пластинкой вайи; спорофиты образуют выполненные споры с шиповатым периспорием и гексаплоидным набором хромосом ( $n = 126$ ). Возможно, такие растения следует описать в качестве нового таксона. Европейский *C. alpina*, имеющий отчетливые отличия по морфологическим признакам, в филограмме характеризуется неясной топологией. Невозможность разделения видов *C. fragilis*-комплекса по локусам хлоропластной ДНК, которая наследуется по материнской линии, обусловлена, по-видимому, аллополиплоидией, характерной для семейства *Cystopteridaceae* в целом и в большой степени – для типового подрода рода *Cystopteris* (Rothfels et al., 2014).

## Заключение

Молекулярно-филогенетический анализ североазиатских представителей семейства *Cystopteridaceae*, основанный на секвенировании и анализе комбинированных (объединенных) последовательностей гена *matK* и межгенного спейсера *trnG-R* хлоропластной ДНК, показал более полные результаты для

*Gymnocarpium*, чем для *Cystopteris*. Филогения *Gymnocarpium* включает четыре хорошо поддерживаемых клады: *dryopteris*-кладу, *robertianum*-кладу, *continentale*-кладу и *jessoense*-кладу. Результаты подтверждают дивергенцию между видами с нежелезистыми и видами с железисто-опушенными вайями. Среди видов *Gymnocarpium* с железисто-опушенными вайями *robertianum*-клада является сестринской по отношению к другим «железистым» видам. *Gymnocarpium fedtschenkoanum* более близок к *G. robertianum*, чем к другим видам с железисто-опушенными вайями. Наши данные подтвердили признание *Gymnocarpium continentale* и *G. jessoense* отдельными видами и их более близкое родство между собой, чем между каждым из них и *G. robertianum*. Топология *G. tenuipes* осталась неопределенной. Среди видов *Cystopteris* наиболее определенное место на филограмме занимают *C. montana* и *C. sudetica*. Топология *C. montana* как сестринского по отношению к остальной части рода *Cystopteris*, а затем размещение *C. sudetica* как сестринского к *C. fragilis*-комплексу (подроду *Cystopteris*) не позволяет включить *C. montana* вместе с *C. sudetica* в один надвидовой таксон, но позволяет принять род *Rhizomatopteris* как отдельный монотипный род, содержащий единственный вид – *Rh. montana*. Взаимоотношения между таксонами *C. fragilis*-комплекса, включая описанные виды из бывшего СССР и современной России, остаются неопределенными, что может быть свидетельством их современного видообразования путем аллополиплоидии.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-34-00781 мол\_а).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гуреева И.И. Новый вид рода *Cystopteris* Bernh. из Южной Сибири // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 1985. № 87. С. 5–8.
- Гуреева И.И., Улько Д.О., Романец Р.С., Кузнецов А.А. Молекулярно-филогенетические исследования Cystopteridaceae Южной Сибири // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии : сборник научных статей по материалам XVIII Международной научно-практической конференции (Барнаул, 20–23 мая 2019 г.). Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2019. С. 16–21.
- Гуреева И.И., Улько Д.О., Кузнецов А.А. Биоморфологические и морфометрические признаки спорофитов в систематике папоротников семейства Cystopteridaceae // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2018. Вып. 19. С. 1–12. <https://doi.org/10.17581/bbgi1901>
- Котухов Ю.А. Новый вид рода *Cystopteris* Bernh. из Юго-Восточного Казахстана // Ботанические материалы Гербария института ботаники АН КазССР. Алма-Ата : Наука, 1966. Вып. 4. С. 27–30.
- Петров В.А. Флора Якутии. Л. : Изд-во АН СССР, 1930. Вып. 1. 221 с.
- Полякова А.В. Новый вид папоротника и вопрос о гималайском элементе в лесной реликтовой флоре Средней Азии // Сообщения таджикского филиала АН СССР. 1950. Т. 22, вып. 10. С. 9–13.
- Степанов Н.В. О трех новых видах сосудистых растений из Западного Саяна // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2015. № 111. С. 3–15.
- Улько Д.О., Гуреева И.И., Шмаков А.И., Романец Р.С. Морфология спор видов подрода *Cystopteris* (*Cystopteris* Bernh., Cystopteridaceae) // Turczaninowia. 2017. Т. 20, № 2. С. 5–15. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.20.2.1>
- Хохряков А.П. Дополнение (Описания новых растений) // Флора Магаданской области. М. : Наука, 1985. С. 347–348.
- Целев Н.Н. Краткий конспект сосудистых споровых растений Восточной Европы // Новости систематики высших растений. 2005. Т. 37. С. 7–32.
- Шмаков А.И. Конспект папоротников России // Turczaninowia. 2001. Т. 4, № 1–2. С. 36–72.
- Шмаков А.И. Конспект папоротников Алтая, Тянь-Шаня и Семиречья // Флора и растительность Алтая. 1995. Т. 1. С. 35–53.
- Blasdel R.F. A monographic study of the fern genus *Cystopteris* // Mem. Torrey Bot. Club. 1963. Vol. 21. P. 1–102.
- Christenhusz M.J.M., Zhang X.-C., Schneider H. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns // Phytotaxa. 2011. Vol. 19. P. 7–54.
- Gureyeva I.I., Kuznetsov A.A. Spore morphology of the north Asian members of Cystopteridaceae // Grana. 2015. Vol. 54, No 3. P. 213–235. <https://doi.org/10.1080/00173134.2015.1048824>.
- Gureyeva I.I., Mitrenina E.Yu., Ulko D.O. Cystopteridaceae. In: Marhold K., Breitwieser I. IAPT/IOPB chromosome data 26 // Taxon. 2017. Vol. 66, No 6. P. 1489–1490 [print version]; P. E9–E10 [online version]. <https://doi.org/10.12705/666.30>
- Gureyeva I.I., Ulko D.O., Romanets R.S., Kuznetsov A.A. Phylogeny of the North Asian Cystopteridaceae (Polypodiopsida) based on *trnG-R* intergenic spacer // Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10, No 2. P. 177–183. [https://doi.org/10.15421/2020\\_82](https://doi.org/10.15421/2020_82)
- Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms // Molecular Biology and Evolution. 2018. Vol. 35. P. 1547–1549.
- Rogers S.O., Bendich A.J. Extraction of DNA from plant tissues // Plant Molecular Biology Manual. 1989. P. 73–83.
- Rothfels C.J., Johnson A.K., Windham M.D., Pryer K.M. Low-copy nuclear data confirm rampant allopolyploidy in the Cystopteridaceae (Polypodiales) // Taxon. 2014. Vol. 63, No 5. P. 1026–1036.
- Rothfels C.J., Sundue M.A., Kuo L.-Y., Larsson A., Kato M., Schuettpelz E., Pryer K.M. A revised family-level classification for eupolypod II ferns (Polypodiidae: Polypodiales) // Taxon. 2012. Vol. 61, No 3. P. 515–533.
- Rothfels C. J., Windham M. D., Pryer K. M. A plastid phylogeny of the cosmopolitan fern family Cystopteridaceae (Polypodiopsida) // Systematic Botany. 2013. Vol. 38, No 2. P. 295–306.
- Schuettpelz E., Schneider H., Smith A. R. et al. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns // Journal of Systematics and Evolution. 2016. Vol. 54, No 6. P. 563–603.
- Shmakov A.I., Batkin A.A., Vaganov A.V. Synopsis of the genus *Cystopteris* Bernh. (Cystopteridaceae) // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. Vol. 8, No 4. P. 290–297.

Исследованные образцы (в скобках приведены номера образцов в Гербарии Томского государственного университета (ТК): *Cystopteris almaatensis*: Tajikistan, Pamir, Sist, 11.08.2017, M. Olonova (TK-004127); Tajikistan, Pamir, Rovmes 17.08.2017, M. Olonova (TK-004132); *C. alpina*: Austria, Arlberg, Formarinsee, 25.08.2019. I. Gureyeva (TK-004139); *C. altajensis*: Russia, Western Sayan, Taigish, 15.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004066); Russia, Western Sayan, Bagazyul, 13.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004052, TK-004075); *C. dickieana*: Russia, Western Sayan, Yergaki, 17.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004050); Russia, Western Sayan, N. Buiba, 14.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004123); Russia, Altai, Ortolyk, 27.07.2014, A. Revushkin et al., (TK-004067); UK, Scotland, Edinburgh, H. McHaffie, cult.; *C. fragilis*: Austria, Forarlberg, Hoerbranz, 25.08.2019. I. Gureyeva (TK-004134); Austria, Tyrol, Achensee, 11.08.2013. I. Gureyeva (TK-004068); Austria, Arlberg, Formarinsee, 25.08.2019. I. Gureyeva (TK-004138); Tajikistan, Pamir, Bizhon-Dora, 08.08.2017. M. Olonova (TK-004133); Russia, Dagestan, 24.06.2018, I. Gureyeva (TK-004130); Russia, Stolby, 29.07.2016, V. Kurbatskiy (TK-004129); Russia, Altai, Chemal, 03.07.2006, I. Gureyeva (TK-004122); Russia, Kuznetsk Alatau, Moskovka, 20.07.2015, A. Ebel (TK-004060), Russia, Western Sayan, Yergaki, 14.07.2015, I. Gureyeva et al.; *C. gureevae*: Russia, Western Sayan, Taigish, 15.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004055); Russia, Western Sayan, Malyy Kebezh, 16.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004074; TK-004076); Russia, Western Sayan, Zolotoi Us, 17.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004077); *C. protrusa*: USA, Virginia, Potomac, 6.06.2015. I. Gureyeva (TK-003634); *C. sudetica*: Russia, Western Sayan, Taigish, 15.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004049); Russia, Western Sayan, Kirimzyul, 13.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004046); Russia, Western Sayan, Malyy Kebezh, 16.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004078); *Cystopteris sp.*: Russia, Kuznetsk Alatau, Syia, 24.06.2016, I. Gureyeva et al. (TK-004047); *Rhizomatopteris montana*: Russia, Western Sayan, Yergaki, Bujba, 14.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004053, TK-004073); Russia, Kuznetsk Alatau, Syia, 25.06.2016, I. Gureyeva et al. (TK-004128); *Gymnocarpium continentale*: Russia, Putorana, 21.07.2014, I. Volkova et al. (TK-004121); Russia, Tunguska, Lakura, 6.07.2014, Yu. Raikaya (TK-004141); Russia, Kuznetsk Alatau, Moskovka, 19.07.2015, A. Ebel (TK-004064); *G. dryopteris*: Russia, Western Sayan, Kebezh 13.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004057); Russia, Western Sayan, Kirimzyul, 13.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004054); Austria, Eichenberg, 24.08.2019, I.I. Gureyeva (TK-004137); Russia, Ural, Zyuratkul, 22.07.2018. D.S. Feoktistov (TK-004131); *G. fedtschenkoanum*: Tajikistan, Jeprob, M. Nobis; *G. jessoense*: Russia, Western Sayan, Yergaki, 14.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004043); Russia, Western Sayan, Kirimzyul, 13.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004044); Russia, Western Sayan, Zolotoi Us, 17.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004072, TK-004056); Russia, Western Sayan, Bagazyul, 13.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004058); *G. robertianum*: Russia, Altai, Oroktui, 03.07.2005, A. Pyak (TK-004051); Austria, Gleinalpe, Chrommerk, 11.07.2009, A. Shmakov et al. (TK-004140); Austria, Eichenberg, stream, 24.08.2019, I. Gureyeva (TK-004136); Austria, Tyrol, Achensee, 11.08.2013, I. Gureyeva (TK-004069); *G. tenuipes*: Russia, Altai, Kyrtsai, 07.2006. I. Gureyeva et al. (TK-004062); Russia, Eastern Sayan, Stolby, 28.07.2016, V. Kurbatskiy (TK-004061); *Gymnocarpium sp.*: Russia, Western Sayan, Us, 17.07.2015, I. Gureyeva et al. (TK-004045).

## Получение каллусной культуры эндемичного вида *Eranthis tanhoensis* (Ranunculaceae)

М.В. Филонова<sup>1,2</sup>, Е.Ю. Митренина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; emitrenina@gmail.com

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга, Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН, Томск, Россия; Maria-Caurus7@yandex.ru

**Аннотация.** Для сохранения генофонда дикорастущих редких и исчезающих видов перспективно использование биотехнологических методов размножения растений. Они являются эффективными способами воспроизведения растений, позволяющими получить большое число особей в короткие сроки. В настоящей работе рассмотрен подход к получению каллусной культуры эндемичного вида *Eranthis tanhoensis* Erst (Ranunculaceae), произрастающего в Южном Прибайкалье.

**Ключевые слова:** Весенник, каллусная культура, сохранение генофонда растений, эндемик, *Eranthis*.

## Production of the callus culture of the endemic species *Eranthis tanhoensis* (Ranunculaceae)

M.V. Filonova<sup>1,2</sup>, E.Yu. Mitrenina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia; emitrenina@gmail.com

<sup>2</sup> Goldberg Research Institute of Pharmacology and Regenerative Medicine, National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia; Maria-Caurus7@yandex.ru

**Abstract.** Biotechnological methods of plants propagation have prospects for genetic conservation of wild rare and declining species. They appear to be effective in plants reproduction to produce a large number of individuals within a short time. We present here our results in production of callus culture of the endemic species *Eranthis tanhoensis* Erst (Ranunculaceae) from the South Baikal region.

**Key words:** Callus culture, *Eranthis*, genetic conservation of plants, endemic species, winter aconite.

В настоящее время в связи с активной хозяйственной деятельностью человека актуальной задачей является сохранение биоразнообразия (Шварц, 2004). Редкие и исчезающие виды растений с узким ареалом нуждаются в государственной охране и мониторинге (Краснопевцева, Краснопевцева, 2013). К таким объектам относится род *Eranthis* L., или весенник (Ranunculaceae Juss.). Это небольшой род многолетних травянистых растений, включающий 10–13 видов, большая часть которых имеют ограниченное распространение. В России в естественных местообитаниях произрастает 3 вида, относящихся к секции *Shibateranthis* (Nakai) Tamura: *Eranthis stellata* Maxim. (весенник звёздчатый), *E. sibirica* DC. (весенник сибирский) и недавно описанный из Южного Прибайкалья *E. tanhoensis* Erst (весенник танхойский) (Park et al., 2019; Erst et al., 2020). *Eranthis stellata* распространен в юго-восточной части России, а также в Северном Китае и Северной Корее. Два других вида являются эндемиками Прибайкалья и реликтовыми видами, нуждающимися в охране (Краснопевцева, Краснопевцева, 2013; Erst et al., 2020).

Для сохранения генофонда дикорастущих редких и исчезающих видов перспективно использование биотехнологических методов размножения растений, генетических банков и коллекций культур клеток (Решетников, 2014). Они являются эффективными альтернативными способами воспроизведения растений и позволяют получить большое число особей в короткие сроки (Новикова и др., 2008; Эрст, Эрст, 2011). Ранее был разработан подход к культивированию *in vitro* семян и зародышей *Eranthis longistipitata* (весенник длинноножковый) (Erst, Erst, 2019). В настоящей работе рассмотрено получение каллусной культуры клеток *Eranthis tanhoensis*. С этой целью использовали этиолированные проростки клубней, собранных в долине р. Мамай Иркутской области (коллекторы: Эрст А.С., Митренина Е.Ю., Кривенко Д.А., Чернышева О.А.; 20.06.2019). В условиях ламинарного бокса проростки стерилизовали путем погружения в раствор 70 % этилового спирта на 40 секунд с последующим перемещением в 0,1 % водный раствор сулемы на 3 минуты. Затем их трижды промывали в стерильной дистиллированной воде, далее перемещали на стерильную чашку Петри и рассекали на части (экспланты). По истечении времени экспланты переносили в пробирки с агаризованной средой MS (Murashige, 1962) с добавлением регуляторов роста: 2 мг/л 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-D) и 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (6-БАП). Экспланты культивировали на стеллажах в условия темноты при температуре 25°C. Полученный каллус в стерильных условиях отделяли от тканей экспланта и переносили в пробирки с питательной средой того же состава, субкультивирование далее осуществляли каждые 30 суток.

В течение трех дней после посадки на срезах эксплантов, а далее и в питательной среде отмечалось «потемнение», что предположительно связано с выделением тканями полифенольных соединений, накопление и выход которых в питательную среду может приводить к ингибированию роста (Скапцов, 2014). Для предотвращения «потемнения» и последующего некроза тканей экспланта использовали предварительную обработку антиоксидантами перед посадкой: стерильные экспланты перед переносом в пробирки погружали в жидкую питательную среду, приготовленную по прописи Lloyd и McCown (WPM) (Lloyd, McCown 1981) с добавлением аскорбиновой кислоты 0,1 г/л и поливинилпирролидона 0,5 г/л на 5 минут. Через 2 недели после посадки наблюдали утолщение эксплантов, и далее было отмечено каллусообразование. Сформировавшийся каллус имел ярко-желтый цвет и плотную консистенцию. Пересадка его на свежие питательные среды была осуществлена через месяц после получения. Далее было отмечено «потемнение» примыкающей к питательной среде части каллуса, в связи с чем, для его дальнейшего культивирования использовали питательную среду MS с добавлением 0,5 мг/мл а-нафтилуксусной кислоты (а-НУК) и 0,2 мг/л 6-БАП, а также активированного угля. Благодаря способности к адсорбции, активированный уголь часто используется в культуре тканей для улучшения роста клеток (Thomas, 2008). В результате проделанной работы были подобраны условия для получения и культивирования каллусной культуры *Eranthis tanhoensis*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№18-34-20056 мол\_а\_вед).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Краснопевцева В.М., Краснопевцева А.С. Биология *Eranthis sibirica* DC. на Хамар-Дабане (Южное Прибайкалье) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3 (2). С. 845–848.
- Новикова Т.И., Набиева А.Ю., Полубоярова Т.В. Сохранение редких и полезных растений в коллекции *in vitro* Центрального сибирского ботанического сада // Вестник ВОГиС. 2008. Т. 12, № 4. С. 564–572.
- Решетников В.Н., Спиридович Е.В., Носов А.М. Биотехнология растений и перспективы ее развития // Физиология растений и генетика. 2014. Т. 46, № 1. С. 3–18.
- Скапцов М.В., Балабова Д.В., Куцев М.Г. Оптимизация сред для культивирования растений *in vitro* на примере щавеля водного (*Rumex aquaticus* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 1. С. 32–35.
- Шварц Е.А. Сохранение биоразнообразия: сообщества и экосистемы. М. : КМК Scientific Press, 2004. 108 с.
- Эрст А.А., Эрст А.С. Размножение *in vitro* редкого вида – *Fritillaria dagana* Turcz. ex Trautv. из луковичных чешуй // Turczaninowia. 2011. Т. 14, № 4. С. 90–93.
- Erst A.S. et al. An integrative taxonomic approach reveals a new species of *Eranthis* (Ranunculaceae) in North Asia // PhytoKeys. 2020. Vol. 140. P. 75–100.
- Erst A.A., Erst A.S. Features of *in vitro* seed germination of *Eranthis longistipitata*, an endemic plant of Central Asia // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2019. V. 20, Iss. 15–16. P. 611–616.
- Lloyd G., MacCown B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture // Prec. Int. Plant Propag. Soc. 1981. V. 30. P. 421–427.
- Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. 1962. V. 15. P. 473–497.
- Park S.Y. et al. Phylogeny and genetic variation in the genus *Eranthis* using nrITS and cpIS single nucleotide polymorphisms // Horticulture, Environment and Biotechnology. 2019. V. 60, Iss. 2. P. 239–252.
- Thomas T.D. The role of activated charcoal in plant tissue culture // Biotechnology advances. 2008. V. 26, Iss. 6. P. 618–631.



## Первая находка листьев покрытосеменного растения в среднеюрских отложениях Восточной Сибири

А.О. Фролов<sup>1</sup>, И.В. Енущенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия; frolov88-21@yandex.ru

<sup>2</sup> Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия; deschampsia@yandex.ru

**Аннотация.** В среднеюрских (аален) отложениях Иркутского угольного бассейна обнаружены линейные цельнокрайние листья с параллельным жилкованием. В ходе изучения фитолейм установлено, что данные листья являются влагилищными, имеют анастомозы между жилками, аномоцитные устьица, ромбовидные основные клетки эпидермы. Такая комбинация признаков широко распространена у современных однодольных растений и отсутствует у ископаемых и современных споровых и голосеменных растений. В связи с отсутствием у данной находки доказательства наличия закрытой семязачки, мы считаем возможным отнести его к типологическим покрытосеменным на основании уникального строения листьев, характерного для однодольных. Данная находка является наиболее древней среди травянистых покрытосеменных растений юрского периода, таких как *Juraherba* и *Yuhania*, и первой, обнаруженной на территории Сибири.

**Ключевые слова:** ископаемые, однодольные, эпидерма листьев, Иркутский угольный бассейн.

## The first discovery leaves of angiosperms in the Middle Jurassic deposits in Eastern Siberia

A.O. Frolov<sup>1</sup>, I.V. Enushchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of the Earth's crust SB RAS, Irkutsk, Russia; frolov88-21@yandex.ru

<sup>2</sup> Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia; deschampsia@yandex.ru

**Abstract.** There is fossil of linear whole-marginal leaves with parallel venation in the Middle Jurassic (Aalenian) sediments of the Irkutsk Coal Basin, were found. During the study of cuticle preparations it was found that leaves were steam-bearing, has anastomoses between veins, anomocytic stomata and the diamond-shaped main cells of the epidermis. Such a combination of characters is widespread in modern monocotyledonous and is absent among fossil as well as modern sporeals and gymnosperms plants. We have every reason to believe that we have found unique structures of leaves characteristic of monocotyledons. This find is the oldest among the herbaceous angiosperms of the Jurassic period, such as *Yuraherba* and *Yukhaniya*, and the first found in Siberia.

**Key words:** fossils, monocotyledonous, epidermis of leaves, Irkutsk Coal Basin.

Долгое время достоверные остатки покрытосеменных были известны только из нижнемеловых и более молодых отложений. На рубеже XX–XXI веков в Китае в нижнемеловой (баррем) формации Исянь обнаружены разнообразные остатки высокоспециализированных покрытосеменных растений (Wang, 2018). Эти находки свидетельствуют о том, что первые покрытосеменные должны иметь более древнюю историю, не ограниченную ранним мелом. В последнее десятилетие результаты молекулярного датирования появления покрытосеменных сходятся в диапазоне 175–240 млн лет (поздний триас–ранняя юра) (Zeng et al., 2014). Палеоботанические исследования последних 12 лет, проведенные на территории Китая и Германии, доказали присутствие достоверных покрытосеменных растений в ниже-среднеюрских отложениях (Wang et al., 2007; Wang, 2018). Эти находки согласуются с результатами молекулярного датирования возраста покрытосеменных и подкрепляют выводы о более раннем происхождении этой группы.

В 2018 году в среднеюрских (аален) отложениях Восточной Сибири (Иркутский угольный бассейн) нами обнаружены отпечатки линейных цельнокрайних листьев с параллельными жилками, покрытые фитолеймой. Изучение фитолеймы этих листьев выявило наличие влагилищно-пластинчатого сочленения, анастомозов между жилками, аномоцитных устьиц, ромбовидных основных клеток эпидермы, двух рядов клеток с крупными папиллами, идущими по краю листа (рис. 1). Оригинальная совокупность указанных признаков не позволяет отнести этот материал к известным споровым или голосеменным растениям, причем как к ныне живущим, так и ископаемым.

Изученные образцы имеют некоторое сходство с листьями среднеюрских травянистых покрытосеменных – *Yuhania daohugouensis* Liu & Wang и *Juraherba bodae* Han & Wang, описанных из среднеюрских (келловей) отложений Китая (Wang, 2018). Листья *Yu. daohugouensis* простые, линейные, цельнокрайние, влагилищные, с параллельным жилкованием, что делает их очень похожими на наш материал. Однако в отличие от него у *Yu. daohugouensis* отсутствуют анастомозы между жилками, а основные клетки эпидермы узкие и прямоугольные. Другой вид – *Ju. bodae* – отличается от наших образцов узкими линейными листьями с единственной срединной жилкой и прямоугольной формой основных клеток эпидермы. Таким образом, листья из Иркутского угольного бассейна хорошо отличаются от известных в средней юре покрытосеменных растений.

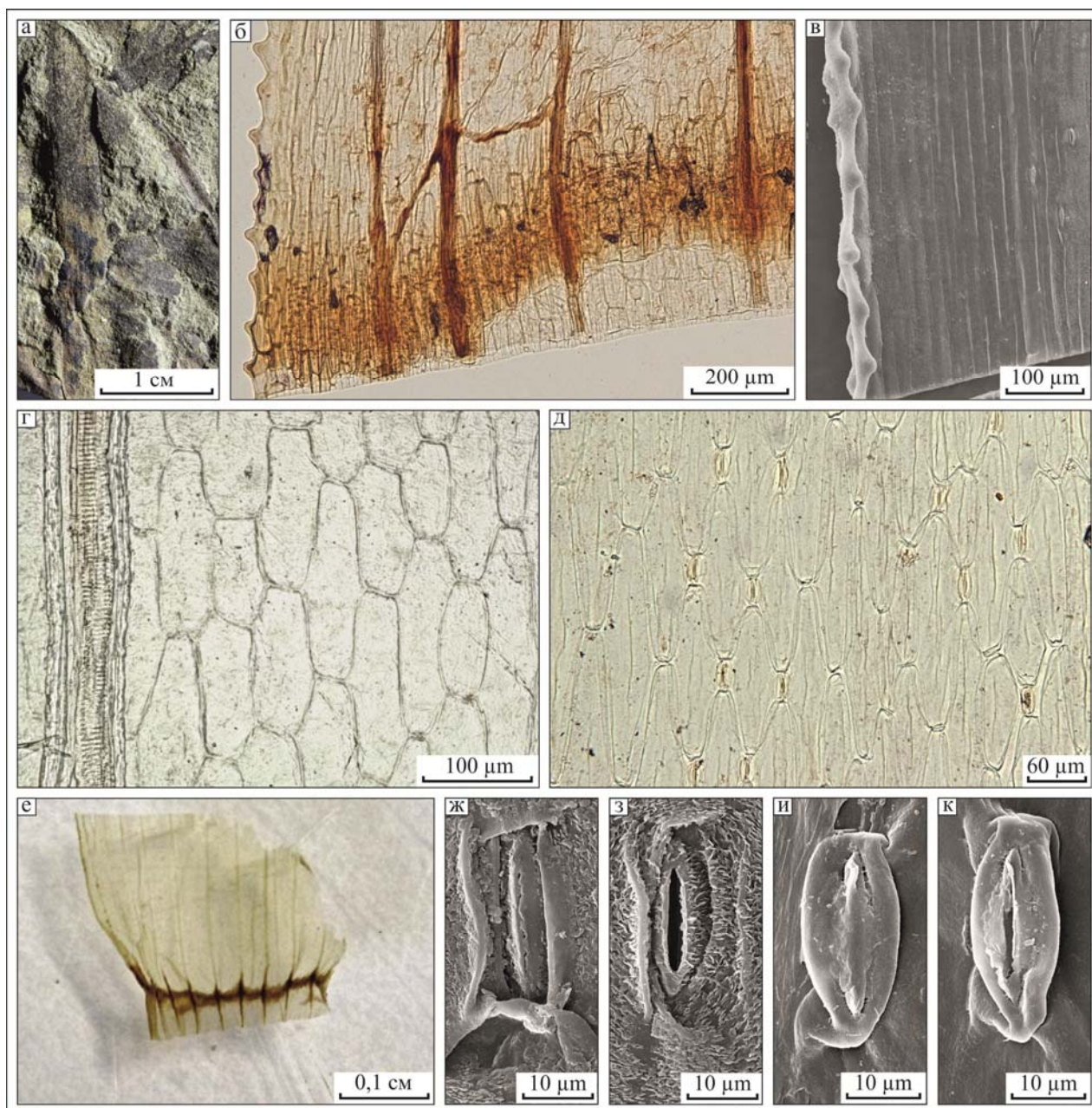


Рис. 1. Строение листьев вероятного покрытосеменного растения из среднеюрских отложений Иркутского угольного бассейна: а – отпечаток листа; б – нижняя поверхность эпидермы, видны анастомозы между жилками и папиллы, идущие вдоль края; в – край листа с двумя рядами папилл (СЭМ, вид снаружи); г – основные клетки верхней эпидермы и спиральные трахеиды проводящего пучка; д – основные клетки нижней эпидермы; е – листовая кутикула. У ее нижнего края наблюдается утолщенная темно-бурая полоса, в области которой лист слегка перетянут и свернут полукругом – область влагалищно-пластинчатого сочленения; ж, з – устьица (СЭМ, вид снаружи); и, к – замыкающие клетки устьиц (СЭМ, вид изнутри)

Известно, что простые, линейные, цельнокрайние, влагалищные листья с параллельным жилкованием, продольной ориентировкой эпидермальных клеток и чередованием устьичных и безустьичных полос характерны для однодольных. Для сравнительного анализа обнаруженного юрского растения с современными однодольными нами изучено строение эпидермы листьев некоторых представителей порядков Acorales: Acoraceae (*Acorus calamus* L.); Alismatales: Alismataceae (*Alisma plantago-aquatica* L.), Araceae (*Calla palustris* L.), Butomaceae (*Butomus umbellatus* L.), Hydrocharitaceae (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), Juncaginaceae (*Triglochin maritima* L.), Potamogetonaceae (*Potamogeton natans* L.), Scheuchzeriaceae (*Scheuchzeria palustris* F. Muell.), Tofieldiaceae (*Tofieldia cernua* Sm.); Dioscoreales: Dioscoreaceae (*Dioscorea nipponica* Makino), Nartheciaceae (*Narthecium ossifragum* (L.) Huds.); Pandanales: Pandanaceae (*Pandanus veitchii* Mast.); Liliales: Liliaceae (*Lilium pilosiusculum* (Frey) Mischz., *Tulipa uniflora* (L.) Besser ex Baker.), Melanthiaceae (*Veratum lobelianum* Bernh., *Zigadenus sibiricus* (L.) A. Gray.), Trilliaceae (*Paris quadrifolia* L.); Asparagales: Alliaceae (*Allium splendens* Willd. ex Schultes

et Schultes, *A. microdictyon* Prokh.), Asparagaceae (*Chlorophytum comosum* (Thunb.) Jacques., *Nolina recurvata* Hemsl., *Yucca filamentosa* L.), Asphodelaceae (*Aloe vera* (L.) Burm.), Convallariaceae (*Convallaria majalis* L., *Maianthemum bifolium* (L.) Schmidt., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Smilacina trifolia* (L.) Desfontaines), Hemerocallidaceae (*Hemerocallis minor* Mill.), Hyacinthaceae (*Ornithogalum* sp.), Iridaceae (*Iris pseudacoris* L., *I. ruthenica* Ker.-Gawl., *Sisyrinchium septentrionale* E.P. Bicknell.), Orchidaceae (*Cypripedium calceolus* L.); Arecales: Arecaceae (*Phoenix* sp.); Commelinales: Commelinaceae (*Cammelina communis* L., *Tradescantia virginiana* L.), Pontederiaceae (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms); Zingiberales: Musaceae (*Musa balbisiana* Colla); Poales: Bromeliaceae (*Ananas comosus* (L.) Merr., *Bilbergia windii* O. Wiot), Cyperaceae (*Cyperus alternifolius* L., *Scirpus lacustris* L.), Poaceae (*Leymus mollis* (Trin) Pilg., *Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch. ex Schult.), Sparganiaceae (*Sparganium emersum* Rehm.), Typhaceae (*Typha latifolia* L.).

Среди современных представителей однодольных план строения эпидермы, сходный с юрским растением наблюдается у некоторых представителей близкородственных порядков Asparagales и Liliales. Сходство заключается в одинаковом строении устьичных аппаратов, продольной ориентировки основных клеток эпидермы и параллельном жилковании листьев.

С одной стороны, наличие вышеуказанных общих признаков позволяет предположить, что обнаруженное юрское растение может принадлежать однодольным. С другой стороны, у нашего растения известны только листья и не ясно, обладало ли оно закрытыми семяпочками. Этот вопрос особенно актуален, поскольку мы имеем дело с очень древней находкой. Очевидно, было время, когда между покрытосеменными и голосеменными было мало различий. Кроме того, невозможно ожидать, что у ранних покрытосеменных будет целый набор признаков, наблюдаемых у современных представителей данной таксономической группы. В связи с этим, в качестве главного критерия, позволяющего отнести ископаемые остатки растений к покрытосеменным, предложено наличие закрытых семяпочек (Wang, 2018). Согласно этому принципу, находки растений, у которых присутствие закрытых семяпочек не доказано, но наблюдаются другие признаки, совокупность которых характерна для современных покрытосеменных, предложено называть «типологическими покрытосеменными» в отличие от «филогенетических покрытосеменных». Исходя из этого обнаруженные нами листья мы относим к «типологическими покрытосеменными» на основании уникального сочетания других признаков, характерных для однодольных растений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Wang X., Duan S., Geng B., Cui J., Yang Y. *Schmeissneria*: A missing link to angiosperms? // BMC Evolutionary Biology. 2007. Vol. 7, № 14. <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/7/14>. doi:10.1186/1471-2148-7-14
- Wang X. The dawn angiosperms uncovering the origin of flowering plants. Second edition. Springer International Publishing AG, 2018. 424 p. DOI: 10.1007/978-3-319-58325-9
- Zeng L., Zhang Q., Sun R., Kong H., Zhang N., Ma H. Resolution of deep angiosperm phylogeny using conserved nuclear genes and estimates of early divergence times // Nature Communications. 2014. 5:4956. DOI: 10.1038/ncomms5956 |[www.nature.com/naturecommunications](http://www.nature.com/naturecommunications)

## Флорогенетическое значение гибридов

Б.С. Харитонцев

Тобольская комплексная биологическая станция, Тобольск, Россия; [haritoncev52@mail.ru](mailto:haritoncev52@mail.ru)

**Аннотация.** Гибриды известны для всех отделов высших растений. Они различаются размерами ареалов и экологическими режимами произрастания. Анализ этих параметров позволяет определять время их возникновения и характеризовать отдельные моменты флорогенеза территорий, где гибриды возникли.

**Ключевые слова:** гибриды, экологический режим, гибридизация, флоры, флоролиты.

## Florogenesis value of hybrids

B.S. Kharitontsev

Tobolsk complex scientific station, Russia, Tobolsk, [haritoncev52@mail.ru](mailto:haritoncev52@mail.ru)

**Abstract.** Hybrids are known for all types of higher plants. They differ in the size of their habitats and ecological modes of growth. Analysis of these parameters allows us to determine the time of their occurrence and characterize individual moments of florogenesis of territories where hybrids originated.

**Keyword.** Hybrids, eco mode, hybridization, and floraly, florality.

Гибриды, несущие флорогенетическую информацию, образуются при перекрывании ареалов обычно односекционных родительских видов, различающихся морфологическими (особенности листьев, цветков, плодов, спорангиев, спор и др.), эколого – географическими (виды равнинные – виды горные, ксерофиты – гигрофиты и т.д.) и биологическими (биология цветения, опыления, спороношения и др.) признаками (п.). Признаки должны быть в определенной степени альтернативными, что позволяет определять уровень (морфологические п.), место (эколого – географические п.) и время (биологические п.) гибридизации. В процессе изучения флоры и растительности нами в Тюменской области был собран ряд гибридных видов.

Собранные гибриды по времени возникновения не однотипны. Это подтверждается различными размерами ареалов родительских видов, а также не совпадающими экологическими режимами возникающих гибридов. Экологические режимы подразделяются на экотоны – территории с альтернативными условиями существования, экодромы – территории с перманентным смещением условий среды в определенном направлении и экостаза – территории со стабильным экологическим режимом (Морджович, 2005). Возраст гибридов соответственно совпадает с возрастом родительских видов.

*Diphasiastrum × zeileri* (Rouy) Damboldt Гибрид собран по песчаным борам на террасах р. Вагай у п. Бигитино Вагайского р-на и в ряду других пунктов. Родительские виды (Флора Сибири, т. 1): *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub. Растения голарктические, встречающиеся по моховым хвойным лесам как на равнине, так и в субальпийском поясе. *Diphasiastrum tristachyum* (Pursh) Rothm. боровой бореальный европейско – североамериканский вид.

*Dryopteris × uliginosa* (A. Brown ex Doll) Druce (окр. г. Заводоуковска, в заболоченном березняке). Родительские виды (*D. cartusiana*, *D. cristata*) отличаются голарктическими ареалами и экостазными экологическими режимами произрастания. Эти признаки характерны для гибридов доплейстоценового времени (плиоцен).

*Rhizomatopteris montana × Rhizomatopteris sudetica* найден в местах выхода грунтовых вод по склону лесного оврага вблизи п. Прииртышский Тобольского района. Родительские виды (Флора Сибири, т. 1): *Rhizomatopteris montana* (Lam.) Khokhr. (вид с голарктическим ареалом, произрастает как на равнине, так и в горах обычно по влажным тенистым местам. *Rhizomatopteris sudetica* (A. Br. et Milde) Khokhr. субголарктический вид темнохвойных лесов.

*Juniperus communis × Juniperus sibirica* собран в 1,5 км севернее мкр. Менделеево г. Тобольска, по краю переходного болота. Родительские виды (Флора Сибири, т. 1): *Juniperus communis* L. (голарктический равнинный вид, произрастающий под пологом хвойных лесов) и *Juniperus sibirica* Burgds. (субголарктический горный вид, произрастающий среди кедрового стланника).

*Carex pannewitziana × pannewitziana* Figert. указан для окр. г. Тобольска (Флора Сибири т. 3), нами собран там же в урочище «Панин Бугор», по заболоченному берегу лесного ручья. Гибрид встречается и на равнине, и в горах.

*Juncus compressus × Juncus gerardii* нередко встречается в пойме Иртыша окр. г. Тобольска. Родительские виды (Флора Сибири, т. 1): *Juncus compressus* Jacq. (вид с субголарктическим ареалом,

произрастающий по увлажненным местам) и *Juncus gerardii* Loisel. (растения произрастают по увлажненным местам в основном на соленых почвах по всей Субголарктике).

*Actaea spicata* × *A. erythrocarpa* отмечен в Тобольском по сероольшатникам и Ярковском по липнякам р-нах. Родительские виды (Флора Сибири т. 6): *Actaea spicata* L. европейский равнинный вид, в окр. Тобольска встречается в основном по липнякам. *Actaea erythrocarpa* Fischer азиатско – североамериканский вид характерный в основном для хвойных лесов.

*Spiraea media* × *S. crenata* собран по песчаным местам остепненных боров в окр. п. Боровской Тюменского р-на вблизи Андреевского озера. Родительские виды (Флора Сибири т. 8): *Spiraea media* Franz Schmidt евразийский вид, произрастающий в лесной зоне, изредка в субальпийском поясе. *Spiraea crenata* L. европейско – среднеазиатский степной вид, встречающийся как в степной зоне, так и в степном поясе.

Ранее было предложено совокупность флорул – видов с одноразмерными ареалами (Толмачев, 1974) называть флорулотипами – совокупностью флорул одного времени формирования с определенным экологическим режимом на географически ограниченной территории (Харитонцев, 2009). Например, можно считать, что флоры Гинкго и Вельвичии (Попов, 1963) – это флорулотипы Гинкго и Вельвичии. Изучая генезис флоры солонцов и солончаков (Харитонцев, 2009) было показано, что он состоял из четырех последовательных этапов: флора солонцов и солончаков времени моря Тетис (флорулотипы Гинкго и Вельвичии); флора солонцов и солончаков Восточного и Западного Средиземья (флорулотипы Ангарида, Берингия, Маньчжурии и др.); флора солонцов и солончаков южнорусских, туранских, монгольских и др. (флорулотипы плейстоценовых и других гиперкомплексов); флора солонцов и солончаков голоцена. Флора Евразии – результат наложения и взаимодействия процессов каждого из данных этапов. Для каждого из этих этапов были характерны свои гибриды. По времени происхождения гибриды представлены следующими группами:

- *Dryopteris* × *uliginosa* (A. Brown ex Doll) Druce (время флорулотипа Гинкго);
- *Carex pannewitzianae* Figert., *Diphasiastrum* × *zeilleri* (Rouy) Damboldt, *Rhizomatopteris montana* × *R. sudetica*, *Spiraea media* × *Spiraea crenata* (время флорулотипов Берингии, Ангарида и др.);
- *Juniperus communis* × *Juniperus sibirica*, *Juncus compresus* × *Juncus gerardii* (время флорулотипов плейстоценовых гиперкомплексов);
- *Actaea spicata* × *Actaea erythrocarpa* (время современных флорулотипов). В качестве примера рассмотрим возникновение гибридов времени плейстоценовых гиперкомплексов. Их признаками являются экотонный экологический режим возникновения – родительские виды по условиям существования альтернативные (горы – равнина, лес – степь, засоленные – незасоленные места обитания). По ареалам один из родительских видов имел площадь распространения на территории, подверженной влиянию плейстоценовых гиперкомплексов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Мордкович В.Г. Основы биогеографии. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2005. 236 с.
- Попов М.Г. Основы флорогенетики. М. : Изд-во АН СССР, 1963. 135 с.
- Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л. : Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.
- Флора Сибири. Lусорodiaceae – Hydroharitaceae / сост. Кашина Л.И., Красноборов И.М., Шауло Д.Н. и др. Новосибирск : Наука, 1988. Т. 1. 200 с.
- Флора Сибири. Sureraceae / сост. Малышев Л.И., Тимохина С.А., Бубнова С.В. и др. Новосибирск : Наука, 1990. Т. 3. 280 с.
- Флора Сибири. Agaseae – Orchidaceae / сост. Власова Н.В., Доронькин В.М., Золотухин Н.И. и др. Новосибирск : Наука, 1987. Т. 4. 246 с.
- Флора Сибири. Portulacaceae – Ranunculaceae / Сост. С.А. Тимохина, Н.В. Фризен, Н.В. Власова и др. Новосибирск : Наука, 1993. Т. 6. 310 с.
- Флора Сибири. Т. 8. Rosaceae / сост. Выдрина С.Н., Курбатский В.И., Положий А.В. Новосибирск : Наука, 1994. 279 с.
- Харитонцев Б.С. Флорогенез и фитоценогенез на юге Западной Сибири : дис. ... д-ра биол. наук. М., 2009. 422 с.

## Таксономия и география полыней (*Artemisia* L.). Южной Сибири

Д.С. Чигодайкина, А.С. Ревушкин

Томский государственный университет, Томск, Россия; dashachigodaykina@mail.ru, ppu@mail.tsu.ru

**Аннотация.** Приводятся данные о видовом составе и географическом распространении видов рода *Artemisia* L. на территории Южной Сибири. В ходе изучения литературы и критического пересмотра гербарных образцов на данной территории выявлено 78 видов полыней относящихся к 3 под родам (*Artemisia*, *Dracunculus* Bess., *Seriphidium* (Besser ex Less.) Fourr.) 7 секциям и к 20 подсекциям. Сравнительный анализ видового состава Южной Сибири, а также соотношение поясно-зональной и хорологической структуры выявил особенности распространения видов рода *Artemisia* L. в разных секторах Южной Сибири, которые обусловлены современными природными условиями и спецификой флорогенеза.

**Ключевые слова:** таксономия, география, полынь, Южная Сибирь.

## Taxonomy and geography of wormwoods (*Artemisia* L.) in Southern Siberia

D.S. Chigodaykina, A.S. Revushkin

Tomsk State University, Tomsk, Russia; dashachigodaykina@mail.ru, ppu@mail.tsu.ru

**Abstract:** The data on the species composition and geographical distribution of species of the genus *Artemisia* L. in the territory of Southern Siberia are presented. During the study of the literature and critical revision of herbarium specimens on the territory of Southern Siberia, 78 species of wormwood were identified belonging to 3 subgenera (*Artemisia*, *Dracunculus* Bess., *Seriphidium* (Besser ex Less.) Fourr.) in 7 sections and 20 subsections. A comparative analysis of the species composition of Southern Siberia, as well as the ratio of the belt-zonal and chorological structure, revealed the features of the distribution of species of the genus *Artemisia* L. in different sectors of Southern Siberia, which are due to modern natural conditions and the specifics of florogenesis.

**Key words:** Taxonomy, geography, wormwood, Southern Siberia.

Род *Artemisia* L. – полынь по видовому богатству занимает ведущее положение во флорах Северного полушария. Существенную роль полыни играют в растительном покрове аридных и семиаридных территорий. Изучением систематики и таксономии рода *Artemisia* L. занимались выдающиеся отечественные учёные такие как П.Н. Крылов, И.М. Крашенинников, П.П. Поляков, Н.С. Филатова. В последние десятилетия существенный вклад в изучение полыней Сибири внесен И.М. Красноборовым, Т.П. Березовской, А.Н. Куприяновым, В.П. Амельченко, А.А. Коробковым, Е.А. Мунгаловым, М.А. Ханиной.

Изучение видового состава и географического распространения рода *Artemisia* L. в различных регионах Сибири выявляет особенности, обусловленные, прежде всего, поясно-зональным делением растительного покрова данной территории. Они хорошо проявляются в меридиональных профилях Западной, Приенисейской и Восточной Сибири. Не меньший интерес представляет выявление особенностей изменения флоры в широтном направлении в рамках выделенной относительно однородной в зональном отношении территории. Примером выявления особенностей флоры в широтном направлении служат сравнительно-флористические исследования, выполненные для арктической зоны с выявлением своеобразия различных секторов Арктики (Юрцев, 2002). Для изучения особенностей видового состава полыней в регионах Сибири в широтном направлении выбрана Южная Сибирь, включающая территорию в пределах 49–57° с.ш. и 65–120° в.д., протянувшаяся на 850 км с севера на юг и почти на 4000 км с запада на восток. Южная Сибирь в зональном отношении охватывает южную тайгу, подтайгу, степную зону и включает различные районы сходные по природным условиям с Северным и Восточным Казахстаном (Казахстанский Алтай) (Ревушкин, 2019). В соответствии со схемой флористического районирования А.Л. Тахтаджяна в Южную Сибирь входят южная часть Западно-Сибирской провинции, Алтае-Саянская и Забайкальская провинции (Тахтаджян, 1978). Данная территория разнообразна по характеру рельефа, климата, ландшафтов и подразделяется на 5 долготных секторов: западносибирский (ЗС), алтайский (Ал), саяно-тувинский (СТ), забайкальский (Зб), даурский (Да).

В целях выявления видового состава и особенностей географического распространения полыней проводился сравнительный анализ видового состава рода *Artemisia* L. Южной Сибири, а так же соотношение поясно-зональной и хорологической структуры в разных секторах Южной Сибири на основе изучения гербарных материалов, полевых наблюдений и анализа литературных данных (Красноборов, 1997, Зуев, 2005, 2012).

На территории Южной Сибири выявлено 78 видов рода *Artemisia* L., что составляет 87,6 % от видового состава полыней Сибири и 67,0 % от видового состава полыней флоры Азиатской России.

Распределение видов по долготным секторам неравномерно. Меньше всего их встречается в ЗС (31 вид), наиболее разнообразно полыни представлены в СТ (48 видов), Зб (44 вида), несколько меньше видов встречается на Ал (39 видов) и в Да (36 видов).

Род *Artemisia* L. во флоре Южной Сибири, главным образом, представлен 3 под родами (*Artemisia* L., *Dracunculus* Bess., *Seriphidium* (Besser ex Less.) Fourr.), 7 секциями (*Artemisia* Less., *Abrotanum* Bess., *Absintium* DC., *Dracunculus* (Besser) Rydb., *Campestris* Krasch. ex Korobkov, *Sclerophyllum* Filat., *Halophyllum* Filat.) и 20 подсекциями. Подрод *Artemisia* наиболее богат видами в СТ (33 вида), в Зб (30 видов), Ал (25 видов) и в Да (22 вида), меньше всего видов данного подрода встречается в ЗС (17 видов). Почти аналогично распределены в данных секторах виды подрода *Dracunculus*: Зб (13 видов), Да (12 видов), СТ (11 видов), Ал (9 видов), ЗС (6 видов). Распределение видов подрода *Seriphidium* отличается от распределения видов других подродов. Полыни данного подрода наиболее разнообразны в ЗС (8 видов), Ал (5 видов), на востоке они представлены бедно (в Зб и Да по 1 виду).

В спектре поясno-зональных групп Южной Сибири род *Artemisia* L. представлен в основном горно-степными (50 %) и равнинно-степными (24%) видами. Значительно меньше горно-лесных (11,5 %), равнинно-лесных (6,4 %), высокогорных и плуризональных (по 3,8 %). Горно-степные виды в большинстве секторов составляют половину всех видов полыней, кроме ЗС где они представлены только 4 видами (*A. frigida* Willd., *A. commutata* Bess., *A. sublessingiana* (Kell.) Krasch. ex Poljakov, *A. schrenkiana* Ledeb.). Равнинно-степные виды, напротив, в ЗС составляют 58 %, но сокращают своё участие в других секторах до 13–16 %. Это объясняется существенной разницей характера рельефа и близостью центров видообразования в горных степях Сибири и Центральной Азии.

Хорологический анализ показал преобладание азиатских видов (74,3 %), среди которых выявлена доля южно-сибирских (37,1 %) и центрально-азиатских (20,5 %). Значительно меньше евразийских (20,5 %) и голарктических (5,1 %). Наибольшая доля евразийских видов приходится на ЗС (51,6 %), в остальных секторах составляет около 20%. Азиатские виды во всех секторах составляют около 70 % кроме ЗС (38,7%). Уровень эндемизма в различных секторах, за исключением ЗС, составляет 10–18 %.

Кроме сравнительного анализа видового состава полыней, а так же анализа поясno-зональной и хорологической структуры, проводилась оценка сходства видового состава в секторах Южной Сибири. Для оценки сходства видового состава подсчитан коэффициент Жаккара-Мальшева (Ревушкин, 1988). В ходе подсчёта коэффициента выявлено что высокий уровень сходства прослеживается между секторами Ал – СТ (0,41) и Зб – Да (0,40). Более слабая связь наблюдается у СТ и Зб (0,12). Коэффициенты сходства видового состава полыней ЗС со всеми секторами отрицательные, что свидетельствует о низком уровне сходства.

Выявленные особенности видового состава объясняются разницей процессов флорогенеза в разных секторах Южной Сибири и подтверждает правильность выделения флористических провинций.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Зуев В.В. Род *Artemisia* L. // Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения. Новосибирск : Наука, 2005. С. 211–215.
- Зуев В.В. Род *Artemisia* L. // Конспект флоры Азиатской России. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. С. 315–323.
- Красноборов И.М. Род *Artemisia* L. // Флора Сибири. Новосибирск : Наука, 1997. Т. 13. С. 90–141.
- Ревушкин А.С., Боровик Т.С. Род *Dasystephana* Adans. (Gentianaceae Juss.) во флоре Южной Сибири // Turczaninowia. 2019. Т. 22, вып. 3. С. 133–137.
- Ревушкин А.С. Высокогорная флора Алтая. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1988. 318 с.
- Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. Л. : Наука, 1978. 248 с.
- Юрцев Б.А., Зверев А.А., Катенин А.Е., Королёва Т.М., Кучеров И.Б., Петровский В.В., Ребристая О.В., Секретарёва Н.А., Хитун О.В., Ходачек Е.А. Градиенты таксономических параметров локальных и региональных флор Азиатской Арктики (в сети пунктов мониторинга биоразнообразия) // Бот. журн. 2002. Т. 87, № 6. С. 1–28.

## Состояние и перспективы развития гербария Кузбасского ботанического сада (КУЗ)

С.А. Шереметова, И.А. Хрусталева, А.Е. Ножинков

*Кузбасский ботанический сад ФИЦ УУХ СО РАН, Кемерово, Россия; ssheremetova@rambler.ru*

**Аннотация.** Приводится история формирования Гербария Кузбасского ботанического сада (КУЗ). Описана современная структура коллекций Гербария КУЗ. Обозначены направления исследований, проводимые в настоящее время, приведены начальные результаты цифровизации гербарных коллекций.

**Ключевые слова:** гербарий, Кузбасс, коллекции растений.

## State and prospects of development of the Herbarium of the Kuzbass Botanical garden (KUZ)

S.A. Sheremetova, I.A. Khrustaleva, A.E. Nozhinkov

*Kuzbass Botanical Garden, FRC UUH SB RAS, Kemerovo, Russia; ssheremetova@rambler.ru*

**Abstract.** The history of the formation of the Herbarium of the Kuzbass Botanical Garden (KUZ) is given. The modern structure of the Herbarium collections (KUZ) is described. The directions of research carried out at the present time, the initial results of digitalization of herbarium collections are presented.

**Key words:** herbarium, Kuzbass, plant collections

Гербарные сборы с территории Кемеровской области за период более чем 300-летней истории ботанических исследований, проводимых в Кузбассе, поступали в различные хранилища страны и даже за рубеж (Красноборов, 2006). Самыми представительными коллекциями к концу XX в. располагали Гербарии: Кемеровского государственного университета (КЕМ), Новокузнецкого пединститута, за пределами Кузбасса – Томского государственного университета (ТК) и Центрального ботанического сада СО РАН (NS, NSK). Гербарий Кузбасского ботанического сада (КУЗ) начал формироваться значительно позже. Хотя в фондах Гербария КУЗ имеются образцы, датируемые 1969 г., началом коллекции Гербария послужили сборы Т.Е. Буко с коллегами, проводимые на территории заповедника «Кузнецкий Алатау» с 1991 г. (Шереметова, Шереметов, 2020).

Бурный рост числа образцов коллекции начался в 2000-е годы в период становления. В настоящее время часть коллекции, сформированная на базе сборов с территории Кузбасса сотрудниками КузБС выделена в самостоятельный отдел Гербария – «Кемеровская область», который имеет внутренний акроним – КЕМ. На основе данного отдела Гербария КУЗ сейчас ведётся работа по написанию «Флоры Кемеровской области», и в дальнейшем планируется переиздание «Определителя растений Кемеровской области». В этом отделе хранится 18431 гербарных листов, которые представляют 1502 видов, относящихся к 529 родам и 125 семействам, в том числе и адвентивных представителей флоры. Данные по каждому образцу хранения доступны также в электронном виде в таблицах Microsoft Excel.

Согласно «Определителю растений Кемеровской области» (2001) в коллекции содержится 86,3 % видов. Но, как показывают наши исследования, многие виды были включены в «Определитель...» ошибочно и не нашли подтверждения, а на территории было отмечено более 150 новых для Кузбасса видов; в 2020 г. подготовлена публикация в Ботанический журнал (в печати) о находках за последние 10 лет (Шереметова и др., 2011).

Флористические исследования, проводимые в отдельных областях Казахстана сотрудниками КузБС позволили сформировать отдел коллекции «Казахстан и Средняя Азия» – KAZ, где представлены сборы с территории Казахстана и отдельных районов Средней Азии: Восточно-Казахстанской области, Центрального Казахского мелкосопочника, Кокчетавской возвышенности, хребта Каратау и др. Отдел KAZ включает около 16 500 листов. Коллекция находится в стадии инвентаризации. Инсерировано и включено в электронную базу данных – 10125 листов, представлено семейств – 153, родов – 568, видов – 1832.

В стадии формирования находится отдел, посвященный флоре Сибири – SIB. Большая часть коллекций передана на хранение в фонды нашего Гербария в дар. В настоящий момент ведётся инвентаризация данного отдела, инсерировано и занесено в Электронную базу данных около 5 тыс. листов. В отделе «Сибирь» образцы хранения распределены по субъектам РФ: Алтайский край, Томская, Новосибирская, Омская, Тюменская области, Республики Хакассия и Алтай, Забайкалье, Республика Тыва.



Отдел «Мохообразные» насчитывает 1594 образцов мхов и печёночников. Представлены сборы с территории Алтайского и Приморского краёв, Кемеровской и Новосибирской областей, Республик Алтай и Казахстан. Часть коллекции составляют дублетные образцы, полученные в БИН им. В.Л. Комарова и ГБС им. Н.В. Цицина. Основная география сборов – северная часть Европейской России, Закавказье, Сибирь, бывшие союзные республики СССР. Таким образом, в настоящее время Гербарий KUZ включает 4 отдела основных коллекций (таблица).

**Структура и фонды Гербария KUZ Кузбасского ботанического сада (основные коллекции)**

Объем коллекции	Отделы Гербария KUZ			
	Флора Кемеровской области (КЕМ)	Флора Казахстана и Средней Азии (KAZ)	Флора Сибири (SIB)	Мохообразные
Число образцов хранения	18431	10125	4440	1594
Семейств / родов / видов	125 / 529 / 1502	153 / 568 / 1832	–	155 родов / 339 видов
Инвентаризация (год)	2019	2020	2021	2019

Помимо основных коллекций в фондах имеются «специальные» коллекции: типовой гербарий и именные коллекции.

Отдел «Типовой гербарий» включает 114 листов, в нем представлены 34 таксона (30 видов и 4 подвида): *Achillea kamelinii* Kupr., *Achillea kazakhstanica* Kupr., *Artemisia elenae* Kupr., *Artemisia filatovae* Kupr., *Artemisia gracilescens* Krasch. et Ijii subsp. *depauperata* Kupr., *Artemisia gracilescens* Krasch. et Ijii subsp. *maxima* Kupr., *Artemisia kasakorum* (Krasch.) N. Pavl. subsp. *adekenovii* Kupr., *Artemisia kotuchovii* Kupr., *Artemisia semiarida* (Krasch. et Lavr.) Filat. subsp. *argillaceum* Kupr., *Cousinia x pavlovii* Kupr., Lashchinskiy et A.L. Ebel, *Euphorbia saurica* Baikov, *Galatella bectauatensis* Kupr. et Korolyk, *Gypsophilla rupestris* Kupr., *Hieracium bectauatense* Kupr., *Myosotis kazakhstanica* O. D. Nikif., *Pilosella katunica* Tupitz., *Pulsatilla orientalis-sibirica* Stepanov, *Ranunculus conspicuus* A.L. Ebel et Schegoleva, *Ranunculus karkaralensis* Schogoleva, *Ranunculus sapoznikovii* Schogoleva, *Stipa akseirica* Kotuch., *Stipa argillosa* Kotuch., *Stipa austroaltaica* Kotuch., *Stipa azutavica* Kotuch., *Stipa czerepanovii* Kotuch., *Stipa kamelinii* Kotuch., *Stipa kazakhstanica* Kotuch., *Stipa kyzylkemsis* Kotuch., *Stipa manrakica* Kotuch., *Stipa monticola* Kotuch., *Stipa raissonica* Kotuch., *Stipa saissanica* Kotuch., *Stipa saurica* Kotuch., *Stipa szerbakovii* Kotuch.

Отдел «Именные коллекции» включает сборы по отдельным родам (более 4000 листов): *Stipa* – Восточный Казахстан (Юрий Андреевич Котухов); *Festuca* – Алтае-Саянская горная область (Дмитрий Витальевич Чусовлянов); *Artemisia* – Казахстан, Средняя Азия, Западная Сибирь (Андрей Николаевич Куприянов). На базе фондов Гербария KUZ проведены систематические работы с отдельными таксонами: семейства Ариáceае, Ворáгинáceае; роды *Ranunculus*, *Achillea* (Клюйков, Украинская, 2017; Куприянов, Овчинникова, 2017; Щёголева, 2019 и др.).

По материалам Гербария KUZ описаны новые таксоны: *Achillea kamelinii* Kupr. (Куприянов, 2018 а), *Artemisia saurense* Kupr. (Куприянов, 2018 б), *Phlomoïdes boraldaica* A. L. Ebel (Эбель и др., 2019), *Myosotis kazakhstanica* O.D. Nikif. (Nikiforova, 2018).

Большое внимание сотрудниками Гербария KUZ уделяется изучению редких и нуждающихся в охране видов. Коллекции включают редкие виды Кемеровской области – 1048 гербарных листов, 126 видов высших сосудистых растений, включенных в новое издание «Красной книги Кемеровской области» (Шереметова, Хрусталева, 2018). В фондах имеются образцы редких видов сопредельных территорий и Казахстана, и отдельные подборки возрастных состояний некоторых видов (Куприянов О., 2018; Куприянов, Андреев, 2018; Султангазина и др., 2018).

По инициативе А.Н. Куприянова состоялась работа по написанию «Черной книги флоры Сибири» (2016). Данные, накопленные в фондах Гербария KUZ легли в основу изучения распространения чужеродных видов по территории Кемеровской области и сопредельных регионов (Эбель и др., 2017, 2018). Исследование на территории Кузбасса заносных видов является одним из перспективных современных направлений деятельности сотрудников Гербария (Шереметова, Хрусталева, 2017, Шереметова, Шереметов, 2018).

На данный момент коллектив Гербария приступил к созданию регионального цифрового гербария, что позволяет получить максимально полную научную информацию о разнообразии региональной флоры и провести ее документацию в цифровой форме по стандартам глобальных информационных баз данных. Первый этап позволил обработать более 800 экземпляров гербарных образцов, эти изображения опубликованы в Цифровом гербарии МГУ (<https://plant.depo.msu.ru/>) в разделе Коллекции – Растения, а в итоге созданная библиотека высококачественных изображений будет включать не менее 15000 образцов.

Перевод гербарных фондов в электронный вид в соответствии с современными принципами и стандартами мировых ботанических коллекций, позволяет сделать коллекции Гербария KUZ востребованными и доступными не только коллегам из других научных институтов России, но и широкой научной общественности по всему миру, так как материалы будут помещены также в международную копилку информации о биоразнообразии планеты – GBIF.

Впервые появляется открытая региональная база данных по сосудистым растениям Кемеровской области, охватывающая все разнообразие флоры в биологическом (систематическом) и географическом (пространственном) аспектах, которая обеспечивает доступ на современном уровне к уникальному массиву данных, накопленных в Кузбассе, не только мировой научной общественности, но и всем любителям природы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований: проект № 20-44-420007 р\_а «Создание интегрированной информационной системы «Цифровой гербарий Кузбасса».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Клюйков Е.В., Украинская У.А. Эндемичные зонтичные Казахстана // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Сборник научных трудов. Кемерово, 2017. Т. 22. С. 3–14.
- Красноборов И. М. Исследователи флоры Кемеровской области // Ботанические исследования Сибири и Казахстана : сборник научных трудов. Кемерово, 2006. Т. 12. С. 134–147.
- Куминова А. В. Растительность Кемеровской области. Новосибирск : ОГИЗ, 1950. 167 с.
- Куприянов А.Н. *Achillea kamelinii* Курт. – новый вид из Сырдарьинского Каратау // Turczaninowia. 2018a. Т. 21, № 4. Р. 215–217.
- Куприянов А.Н. *Artemisia saurense* – новый вид из Саура (Казахстан) // Систематические заметки Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2018b. № 117. С. 12–15.
- Куприянов А.Н., Андреев Б.Г. Структура ценопопуляций *Adonis villosa* Ledeb. в Кемеровской области // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. Кемерово, 2018. С. 63–66.
- Куприянов А.Н., Овчинникова С.В. Новые местонахождения редких и эндемичных видов семейства Boraginaceae в Республике Казахстан // Ботанические исследования Сибири и Казахстана : сборник научных трудов. Кемерово, 2017. Т. 22. С. 30–42.
- Куприянов О.А. Ясень согдийский в горах Каратау // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2018. № 17. С. 91–94.
- Определитель растений Кемеровской области / отв. ред. И. М. Красноборов. Новосибирск, 2001. 477 с.
- Султангазина Г.Ж., Куприянов А.Н., Куприянов О.А. Структура популяции *Adonis wolgensis* Stev. Северного Казахстана // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. Кемерово, 2018. С. 109–112.
- Черная книга флоры Сибири. Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО», 2016. 439 с.
- Шереметова С.А., Шереметов Р.Т. 2020. Бассейн реки Томь (флористические и физико-географические особенности). Новосибирск : ГЕО, 2020. 323 с.
- Шереметова С.А., Эбель А.Л., Буко Т.Е. Дополнения к флоре Кемеровской области за последние 10 лет (2001–2010 гг.) // Turczaninowia. 2011. № 14. С. 65–74.
- Шереметова С.А., Хрусталёва И.А. Инвазионные растения во флоре города Кемерово // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. Кемерово, 2018. С. 129–132.
- Шереметова С.А., Шереметов Р.Т. Новая находка синантропного вида *Bidens frondosa* L. (Asteraceae) в Сибири // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2019. № 119. С. 44–50.
- Щёголева Н.В. Эндемичные виды Лютиковых во флоре Казахстана // Ботанические исследования Сибири и Казахстана : сборник научных трудов. Кемерово, 2019. Т. 25. С. 11–15.
- Эбель А.Л., Куприянов А.Н., Лащинский Н.Н., Хрусталева И.А. Заметки о *Pseudoeremostachys severzovii* и новый вид *Phlomis* (Lamiaceae) из Южного Казахстана // Систематические заметки по материалам гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2019. № 119. С. 25–35.
- Эбель А.Л., Михайлова С.И., Стрельникова Т.О., Шереметова С.А., Лащинский Н.Н., Эбель Т.В. Новые и редкие для Хакасии чужеродные виды растений // Turczaninowia. 2017. Т. 20, № 1. С. 52–67.
- Эбель А.Л., Шереметова С.А., Стрельникова Т.О., Хрусталева И.А. Флористические находки в южных районах Приенисейской Сибири (чужеродные растения) // Растительный мир азиатской России. 2018. № 4 (32). С. 80–89.
- Никифорова О.Д. *Myosotis kazakhstanica* (Boraginaceae) – новый вид из Казахстана // Turczaninowia. 2018. Т. 21, № 3. С. 89–96.

## Оценка состояния луговых ресурсов поймы Оби по вегетационному индексу NDVI

Л.Ф. Шепелева, Ю.Я. Колесниченко

*НИИ биологии и биофизики, Томский государственный университет, Томск, Россия; shepevalf@mail.ru*

**Аннотация.** С применением индекса NDVI показаны различия в периодичности развития луговых сообществ южных и северных регионов поймы Оби, проведена оценка возможности использования NDVI для учета луговых ресурсов.

**Ключевые слова:** луговая растительность, вегетационный индекс, Обь, Западная Сибирь.

## Assessment of the state of meadow resources of the Ob floodplain by the vegetation index NDVI

L.F. Shepeleva, Yu.Ya. Kolesnichenko

*Research Institute of Biology and Biophysics, Tomsk State University, Tomsk, Russia; shepevalf@mail.ru*

**Abstract.** Using the NDVI index, the differences in the frequency of development of meadow communities in the southern and northern regions of the Ob floodplain are shown, and the possibility of using the NDVI to account for meadow resources is assessed.

**Key words:** Meadow vegetation, vegetation index, Ob, Western Siberia.

Вегетационные индексы в настоящее время широко применяются для решения многих задач природопользования. Особенно популярен вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который успешно используется для выявления различных типов нарушений растительного покрова (Воронина, 2014; Чащин, Кондратьева, 2019). Широко он также применяется в сельском хозяйстве при оценке состояния посевов культурных растений, их поражения различными вредителями, степени их готовности к уборке урожая (Комаров, Комаров, 2018). Проводятся исследования для использования NDVI для типологии земель (Огуреева и др., 2009; Братков, Атаев, 2017). Имеется опыт учета надземной продукции болот на его основе (Дюкарев, Головацкая, 2017).

Проблема влияния современных изменений глобального климата и антропогенных воздействий на функционирование биогеоценозов поймы Оби имеет важнейшее значение для землепользования и управления ресурсами. Огромные размеры поймы Оби, зональные и региональные различия, а также труднодоступность приводят к необходимости экстраполяции данных, полученных на отдельных ключевых участках, на обширные территории. Поэтому использование космической информации имеет высокую актуальность для учета земельных ресурсов поймы.

Целью работы явилась оценка состояния пойменной луговой растительности с помощью космических снимков с использованием вегетационного индекса NDVI.

Изучение состояния растительного покрова проводилось в 2017–2019 гг. на лугах поймы Средней Оби (в районе научно-исследовательского стационара Томского государственного университета Кайбасово, подтаежная подзона) и в 2019 г. на лугах поймы Нижней Оби в районе г. Лабитнанги (Ямало-Ненецкий автономный округ – ЯНАО).

Для территории высокой прирусловой поймы Средней Оби, на которой в период 2017–2019 гг. проводились исследования продуктивности и структуры пойменных лугов (Кайбасово) были проанализированы изменения вегетационного индекса NDVI за пять лет, на основании которых были построены информационные таблицы (табл. 1). При этом было задействовано программное обеспечение ArcGis, спутниковые снимки Modis (разрешающая способность 420×700 м), Landsat-8, а также использованы функции веб-сервиса EOBrowser. Для определения индекса NDVI на ключевых участках математически получены снимки NDVI, основанные на данных спутников Landsat-8, с разрешающей способностью 30 × 30 м. Для этого была использована формула  $NDVI = (K1 - K2) / (K1 + K2)$ , где K1, K2 – значения данных на двух каналах, при этом показатели измерений в первом канале находятся в границах спектра 0,620–0,670 нм, а второго канала – в границах спектра 0,841–0,876 нм (Комаров, Комаров, 2018).

В соответствии со значениями вегетационного индекса начало развития растительности для данного участка поймы приходится на середину – конец апреля, индекс фиксирует затем короткое торможение, очевидно связанное с затоплением, и затем резкий подъем показателей до конца июня вплоть до наступления максимальных значений индекса – 0,82–0,86. Июль – время максимального развития растительности, оно соответствует фазе цветения – плодоношения луговых злаков (основному максимуму продуктивности, когда производится сенокосение). В прохладном и дождливом 2017 г.

длительность этой основной фазы составила свыше 50 дней, в жарком и сухом 2019 г. она была сравнительно короткой (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристики вегетационных сезонов 2015–2019 гг. по показателям NDVI лугов (Кайбасово)**

Период	Значения NDVI					Дата				
	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
Начало вегетации	0,33	0,26	0,18	0,25	0,23	19.04	14.04	19.04	23.04	26.04
Окончание вегетации	0,4	0,44	0,44	0,34	н/д	17.10	11.10	14.10	01.11	08.11
Пик NDVI	0,83– 0,84	0,86– 0,83	0,83– 0,82	0,83– 0,83	0,82– 0,82	08.07– 11.08	30.06– 05.08	23.06– 14.08	28.06– 02.08	24.06– 27.07
Максимальное значение NDVI	0,86	0,9	0,88	0,87	0,87	13.07	29.07	04.07	09.07	12.07
Длительность пика, сутки	34	36	52	35	33					
Длительность вегетации, сутки	181	180	178	192	206					

Пик величины надземной фитомассы в условиях южной части поймы Средней Оби в большинстве случаев приходится на первую декаду июля. Это и есть время, наиболее благоприятное для изучения структуры и продуктивности лугов. Окончание вегетационного сезона в среднем приходится на середину – конец октября, однако в теплые годы (2018–2019) вегетация растений была длительной (табл. 1) и завершилась в ноябре.

Сравнение по величине индекса NDVI данного участка высокой прирусловой поймы с более низким участком центральной поймы, на котором основные площади заняты осоковыми лугами и кустарниками, показало в большинстве случаев отставание в развитии осоковых лугов примерно на 7–10 дней, что могло быть связано с более длительным затоплением паводковыми водами. Тогда как завершение вегетации здесь происходило одновременно с лугами высоких уровней, и, очевидно, было обусловлено наступлением низких температур.

Вегетационный индекс в максимальную фазу изменяется в пределах 0,87–0,88 и различий величины надземной фитомассы по годам в пределах 2–5 ц/га не фиксирует, возможно, потому, что происходит осреднение данных по территории большого квадрата (420–700 м). Однако это отражает ситуацию правильно, так как в условиях гривистого рельефа южных отрезков поймы Оби продуктивность луговых угодий может существенно снижаться только в экстремально сухих условиях. Обычно же во влажные годы она высокая на гривах, а в сухие – в понижениях и на низких уровнях, что обеспечивает стабильность урожая в целом по контуру.

В северных регионах (Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономный округа) облик пойменных ландшафтов Оби меняется. Пойма становится сглаженной, характерны уплощенные обширные гривы и понижения. Пойма обычно затапливается на большой срок, что приводит к широкому распространению монодоминантных остро- и водноосоковых фитоценозов, в ЯНАО также и арктофиловых лугов. Характерны крупные контуры массивов осоковых лугов, развитых на низких и средних по высоте поверхностях, тогда как злаковые (двукосточниковые, вейниковые и пр.) луга приурочены к узким высоким гривам прирусловья и занимают меньшие площади.

Изучение состава и продуктивности луговой растительности поймы в районе г. Лабитнанги позволило рассмотреть связь урожайности с индексом NDVI. В соответствии с координатами изученных бекманиевых и арктофиловых лугов на основе изменения вегетационного индекса NDVI за 2018–2019 гг., была построена табл. 2. Бекманиевый луг расположен в верхней части высокой прирусловой гривы, а арктофиловый фитоценоз – на обширной плоской и низкой заиленной поверхности, вблизи русла Оби. Погодные условия 2019 года были более теплыми, и половодье было ниже по уровню на 1 м, чем в 2018 г.

Вегетационный индекс NDVI хорошо дифференцирует эти фитоценозы по максимальным значениям и особенностям развития. Величины 0,77–0,79 указывают на высокую сомкнутость травостоя бекманиевого луга (надземная масса 3,8 ц/га), тогда как даже при максимальном развитии арктофиловый травостой имеет разреженный характер и его максимальный индекс NDVI не достигает более 0,55 (масса травостоя 3 ц/га). Индекс указывает также на более раннее (примерно на 1 месяц) освобождение от воды гривы с бекманиевым лугом, начало вегетации приходится в среднем на начало июня, а окончание – на начало октября.

Характеристики вегетационных сезонов 2018–2019 гг. по показателям NDVI лугов (Лабытнанги)

Фитоценозы	Бекманиевый				Арктофиловый			
	NDVI		даты		NDVI		даты	
Периоды	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Начало вегетации	0	0,34	19.06.	30.05	0,1	0,07	10.07	23.06
Окончание вегетации	0,47	0,4	17.10	30.09	0,09	0	09.10	29.09
Пик NDVI	0,75–0,74	0,73–0,45	15.08– 01.09	11.07– 29.08	0,35–0,37	0,52–0,55	16.08– 13.09	25.07– 29.08
Максимальное значение NDVI	0,77	0,79	23.08	13.07	0,40	0,55	20.08	29.08
Длительность пика, сутки	17	32			28	35		
Длительность вегетации, сутки	120	123			91	98		

Длительность вегетации арктофилового сообщества меньше примерно на месяц, так как вегетация бекманиевского и арктофилового сообществ заканчивается одновременно. Максимальных значений развитие травостоя этих лугов тоже достигает практически одновременно, во влажный год – это середина августа – начало сентября, в сухой – середина июля – конец августа. Если сравнить значения показателей продолжительности вегетационного сезона лугов в северной и южной частях поймы Оби (табл. 1–2), то различие составляет около 2–3 месяцев.

Таким образом, использование вегетационного индекса NDVI позволяет получить важную информацию о развитии растительности в разные годы без непосредственного посещения поймы. В частности выявлены циклы периодичности развития и максимальных величин фитомассы лугов в северных и южных регионах. Более эффективно NDVI может применяться для оценки луговых ресурсов северных регионов, где размерность контуров космических снимков соответствует размерам контуров луговых угодий. В южных регионах оценка ресурсов лугов более сложна из-за мелкоконтурности.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-00-01493 КОМФИ, а также в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проекты № 5.4004.2017/4.6, № 0721-2020-0019) с использованием уникальной научной установки «Система экспериментальных баз, расположенных вдоль широтного градиента (<http://ckp-rf.ru/usu/586718/>)».*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Воронина П.В., Мамаш Е.А.* Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяйства с использованием данных дистанционного зондирования MODIS // Вычислительные технологии. 2014. Т. 19, № 3. С. 76–102.
- Комаров А.А., Комаров А.А.* Оценка состояния травостоя с помощью вегетационного индекса NDVI // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (51). С. 124–129.
- Братков В. В., Атаев З.В.* Вегетационные индексы и их использование для картографирования горных ландшафтов Российского Кавказа // Электронный научный журнал «Аргіогі». Серия Естественные и технические науки. 2017. № 1. С. 1–22.
- Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Вахнина О.В., Тутубалина О.В.* Полевое наземное спектрометрирование луговой растительности полигона «Сатино» // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 6. С. 71–77.
- Чащин Н.А., Кондратьева М.А.* Использование данных дистанционного зондирования для оценки темпов зарастания угольных отвалов Кизеловского бассейна // Географический вестник. 2019. № 2 (49). С. 135–147.
- Дюкарев Е.А., Алексеева М.Н., Головацкая Е.А.* Исследование растительного покрова болотных экосистем по спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. 2017. № 2. С. 38–51.

## Субрецентные палиноспектры ландшафтов Ямало-Ненецкого автономного округа

Н.В. Шефер<sup>1</sup>, Л.С. Шумиловских<sup>2</sup>, И.И. Гуреева<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия; vchifz@mail.ru

<sup>2</sup> Гёттингенский университет имени Георга-Августа, Гёттинген, Германия

<sup>3</sup> Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, Томск, Россия; gureyeva@yandex.ru

**Аннотация.** Проведен анализ состава субрецентных спорово-пыльцевых спектров (СПС) лесотундры и северной тайги на основе 20 субрецентных мохово-лишайниковых спорово-пыльцевых проб, отобранных на территории Надымского и Пуровского районов Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). Во всех изученных субрецентных СПС присутствует пыльца *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *P. sylvestris* L., *Betula pubescens* Ehrh., *B. nana* L., семейств Ericaceae, Asteraceae и Cyperaceae. В СПС исследованных сообществ наблюдается увеличение участия пыльцы видов *Pinus*, уменьшение содержания пыльцы *Betula nana* и увеличение разнообразия таксономического состава трав в направлении от лесотундры к северной тайге. Для спектров лесотундры и северной тайги характерно низкое содержание пыльцы *Picea obovata*, что отражает малое участие ели в древостое сообществ. Низкое содержание пыльцы *Larix sibirica* в лесотундре и северной тайге не отражает фактического участия лиственницы в древостое, а связано с ее быстрой разрушаемостью и низкой летучестью.

**Ключевые слова:** палинологический анализ; субрецентные спорово-пыльцевые спектры; Ямало-Ненецкий автономный округ.

## Sub-recent palynological spectra of landscapes of the Yamalo-Nenets Autonomous Area, Russia

N.V. Shefer<sup>1</sup>, L. S. Shumilovskikh<sup>2</sup>, I.I. Gureyeva<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> National Research Tomsk state university, Tomsk, Russia; vchifz@mail.ru

<sup>2</sup> Department of Palynology and Climate Dynamics, University of Goettingen, Goettingen, Germany

<sup>3</sup> Tomsk Oil and Gas Design and Research Institute, Tomsk, Russia; gureyeva@yandex.ru

**Abstract.** An analysis of the composition of surface spore-pollen spectra (SPS) was carried out within a gradient from forest-tundra to northern taiga. In total, 20 sub-recent moss-lichen surface samples were obtained on the territory of the Nadymsky and Purovsky districts of Yamalo-Nenets Autonomous Area. All studied spectra contain pollen of *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *P. sylvestris* L., *Betula pubescens* Ehrh., *B. nana* L., as well as Ericaceae, Asteraceae and Cyperaceae. In the SPS of the studied communities, an increase in the participation of the pollen of *Pinus* species, a decrease in the content of *Betula nana* pollen, and an increase in the diversity of the taxonomic composition of herbs at the transition from the forest-tundra to the northern taiga are observed. The low content of *Picea obovata* pollen in the forest-tundra and northern taiga spectra reflects the low proportion of spruce in the studied communities. The low pollen proportion of *Larix sibirica* in the forest-tundra and northern taiga does not reflect the actual participation of *L. sibirica* in the vegetation cover, but is associated with rapid destruction of pollen and its low flight ability. The low content of *Larix sibirica* pollen in the forest-tundra and northern taiga does not reflect the actual participation of larch in the stand,

**Key words:** palynological analysis; sub-recent palynological spectra; Yamalo-Nenets Autonomous Area.

Значительным числом работ по сопоставлению растительности с её спорово-пыльцевыми спектрами из поверхностных проб различного генеза доказано, что спорово-пыльцевые спектры поверхностных проб в основном правильно отражают зональный тип растительности (Пермяков, 1964; Пьявченко, 1966; Букреева, Левковская, 2000). Е.Ю. Новенко с соавторами (2017) рассматривают решение проблемы интерпретации результатов палинологического анализа – соотношения элементов спектров и локального видового состава растительности каждого конкретного региона, путём совместного изучения рецентных проб и описания растительности. Экстраполируя закономерности по данным одних территорий на отдалённые и даже смежные районы, необходимо учитывать пыльцевую продуктивность отдельных видов (Новенко и др., 2017).

Цель работы – определение состава поверхностных спорово-пыльцевых спектров (СПС) в фитоценозах растительных зон севера Западной Сибири для выявления их фитодиагностических особенностей.

### Материалы и методы

Отбор поверхностных мохово-лишайниковых субрецентных проб проводился в августе 2018 г. на территории Надымского и Пуровского районов ЯНАО в лесотундре и северной тайге (рис. 1); всего отобрано 20 проб. В местах отбора проб выполнены описания современных фитоценозов с указанием основных таксонов растений. Поскольку в спорово-пыльцевых спектрах отдельные виды не всегда отличимы, при составлении списков растений основной упор сделан не на видовой состав, а на основные пыльцевые таксоны (Cyperaceae, *Artemisia* sp. и др.). Для составления общего зонального

спектра лесотундры отобрано 10 проб в Надымском районе ЯНАО на плоско-бугристом болоте (N-1 – N-4), в смешанных хвойно-березовых редколесьях (N-5 – N-9) и в смешанном хвойно-березовом лесу (N-10). Для составления зонального спектра подзоны северной тайги отобрано 10 проб в Пуровском районе ЯНАО в заболоченном смешанном хвойно-березовом лесу (X-1 – X-10) в окрестностях пос. Ханымей.



Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб в районе исследования:  
N-1 – N-10 – номера проб в Надымском районе; X-1 – X-10 – номера проб в Пуровском районе

Для проведения химической обработки проб использовался метод Эрдмана. Подсчёт, изучение и определение пыльцы и спор в препаратах проводили с помощью светового микроскопа при увеличении 400× и 1000×. Каждую пробу подсчитывали до 500 пыльцевых зёрен. При определении палиноморф использовались специальные определители (Куприянова, Алешина, 1972; 1978; Споры..., 1983). Споры и пыльцу фотографировали на программно-аппаратном комплексе «Carl Zeiss Axiostar» (Германия). Анализ препаратов и микрофотографирование проводили на приборной базе лаборатории структурного и молекулярного анализа растений Биологического института Томского государственного университета.

## Результаты

В лесотундре постоянными участниками изученных ценозов являются *Betula nana* и *Ledum palustre* L. Непосредственно на площадках встречаются виды *Carex*, *Eriophorum polystachion* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Empetrum nigrum* L., *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., виды *Ranunculus*, *Rosa acicularis* Lindl., *Rubus chamaemorus* L., *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *V. uliginosum* L., виды рода *Equisetum*. Для площадок N-1 – N-9 отмечено близкое (300–800 м) расположение хвойного леса с участием видов *Pinus* и *Larix sibirica*, для площадок N-5 – N-9 – присутствие колка из *Betula pendula* Roth (100–400 м), вблизи площадок N-9, N-8, N-1 растёт *Larix sibirica* (±50 м). В точке отбора N-10 в смешанном сосново-берёзовом лесу отмечены *Betula pendula*, *Larix sibirica*, *Pinus sibirica*, *P. sylvestris*.

В подзоне северной тайги в районе отбора проб сочетаются типичные зональные и интразональные сообщества. Пробы отбирались в пределах интразонального сообщества (плоско-бугристое болото) вблизи типичных зональных сообществ; на расстоянии 800–2000 м отмечены берёзово-ивовые ценозы. На площадках, где проводился отбор проб, встречаются *Betula nana*, *B. pendula*, *Pinus sibirica*, *P. sylvestris*, *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium vitis-idea*, *Rubus chamaemorus*, виды семейства Poaceae, виды рода *Carex*, *Eriophorum polystachion*, *Empetrum nigrum*, *Oxycoccus microcarpus*, *Andromeda polifolia* L., *Drosera anglica* Huds.

Во всех изученных СПС (рис. 2) лесотундры выявлены пыльцевые зерна ели, сосны сибирской и обыкновенной, ольхи, березки карликовой и др. Общая доля пыльцевых зерен (ПЗ) древесных растений в среднем составляет 87,1 %. В большинстве изученных спектров доминирует пыльца берёзы «древовидной» (*Betula pubescens*-type), берёзы кустарниковой (*Betula nana*) и хвойных, пыльца которых в сумме составляет от 38 до 46 %, за исключением лиственницы, содержание пыльцы которой в среднем 0,8 %. Общая доля пыльцы трав и кустарничков в среднем составляет 12,9 %; из них самой многочисленной группой является пыльца семейства осоковых Cyperaceae – в среднем 4,8 % от состава всего СПС, что связано со значительным участием осоковых в травяном покрове и их ветроопыляемостью. В спектрах исследованных смешанных хвойно-берёзовых редколесий лесотундры доминирующее положение занимают пыльцевые зёрна «древовидной» берёзы (*Betula pubescens*-type), для спектров облеснённых болот в составе лесотундры характерно доминирование пыльцы хвойных или приблизительно равное их соотношение с пылью *Betula* sp. Состав пыльцевых спектров травяно-кустарничкового яруса лесотундры динамичен. В спектрах редколесий встречается пыльца Chenopodiaceae, *Rubus chamaemorus*, Rosaceae, Asteraceae. В спектрах болот лесотундры присутствует пыльца этих же групп, кроме того, появляется пыльца злаков, значительно участие пыльцы морошки, во всех пробах присутствует пыльца Ericaceae и Cyperaceae; содержание последних увеличивается в спектрах из более увлажнённых местообитаний.

Переход от лесотундры к северной тайге, характеризуется увеличением в составе субрецентных СПС доли пыльцевых зёрен видов строителей лесных ценозов – *Pinus sibirica* и *P. sylvestris*. В субрецентных спектрах северной тайги общая доля пыльцевых зерен древесных растений в среднем составляет 89,7 %. В большинстве изученных СПС доминирует пыльца сосен сибирской и обыкновенной, в среднем составляя 58,2 % (в сумме) от всего СПС. Уменьшается содержание пыльцы березки карликовой *Betula nana*, пыльцевые зёрна ив и ольхи встречаются в спектрах единично. Это является следствием доминирования видов хвойных и локального присутствия в пределах подзоны ольхи и видов *Salix*. Наблюдается тенденция увеличения разнообразия в спектрах пыльцы травянистых растений (разнотравья): среднее число таксонов трав в спектрах, от лесотундры к северной тайге увеличивается от 5,5 до 5,9. При этом увеличивается число пыльцевых зёрен василистника (*Thalictrum*), мареновых (Rubiaceae), появляется пыльца Ranunculaceae (*Ranunculus* sp.) и Brassicaceae. В спектрах северной тайги, как и в спектрах лесотундры, присутствуют пыльцевые зёрна Ericaceae, *Rubus chamaemorus*, Cyperaceae, но их присутствие скорее характеризует наличие в исследуемой зоне интразональных сообществ – болот, чем отражает зональный тип растительности. Общая доля пыльцы трав и кустарничков в среднем 10,3 %, самой многочисленной группой среди них является пыльца вересковых, в среднем составляя 4,2 % от всего СПС.

Доля пыльцевых зерен древесных растений в общих спорово-пыльцевых спектрах лесотундры и северной тайги в среднем составляет 87,1 % и 89,7 % соответственно. Малая разница в процентном соотношении между общими спектрами этих зон объясняется следующим: количество пыльцы *Pinus* увеличивается от лесотундры (10–60 %) к северной тайге (50–65,8 %), в то время как количество пыльцевых зёрен *Betula* уменьшается от (38–46 %) к (21–37,6 %), что связано с увеличением участия видов *Pinus* и уменьшением участия *Betula*, особенно – *B. nana* в изученных ценозах. Участие прочих древесных таксонов в спектрах также снижается, за исключением пыльцевого таксона *Betula pubescens*-type, у которого снижение незначительно. Относительно высокое содержание пыльцы *Pinus* в лесотундре объясняется переносом пыльцы сосны на далекие расстояния в связи с ее высокой приспособленностью к полету (пыльца имеет воздушные мешки). Так пробы N1-N9 были отобраны на открытых участках с сосново-лиственничным лесом в пределах видимости. Однако процентное соотношение сосны в этих пробах сходно с пробой N-10, отобранной непосредственно в смешанном хвойно-берёзовом лесу с доминированием *Pinus sibirica* и *P. sylvestris* в древостое. Низкое содержание пыльцы *Larix sibirica* как в лесотундре (0,2–1,8 %), так и в северной тайге (0,2–1,2 %) не отражает фактического участия *L. sibirica* в древостое, что связано с низкой летучестью пыльцы (пыльца без воздушных мешков) и разрушаемостью при ацетолизе. Интересно наличие в спектрах единичных пыльцевых зёрен *Tilia cordata* Mill. Липа не произрастает ни в лесотундре, ни в северной тайге. Присутствие её пыльцы можно объяснить небольшой удалённостью населённых пунктов от мест сбора проб, в которых липа часто используется как элемент озеленения.

Спорово-пыльцевые спектры лесотундры характеризуются примерно равным соотношением пыльцы *Betula* и *Pinus*, изменяющимся локально, в зависимости от того какой вид доминирует в лесных сообществах, зачастую расположенных колками и полосами на возвышенности. В северной тайге наблюдается устойчивая тенденция к преобладанию видов *Pinus* в составе спектров.



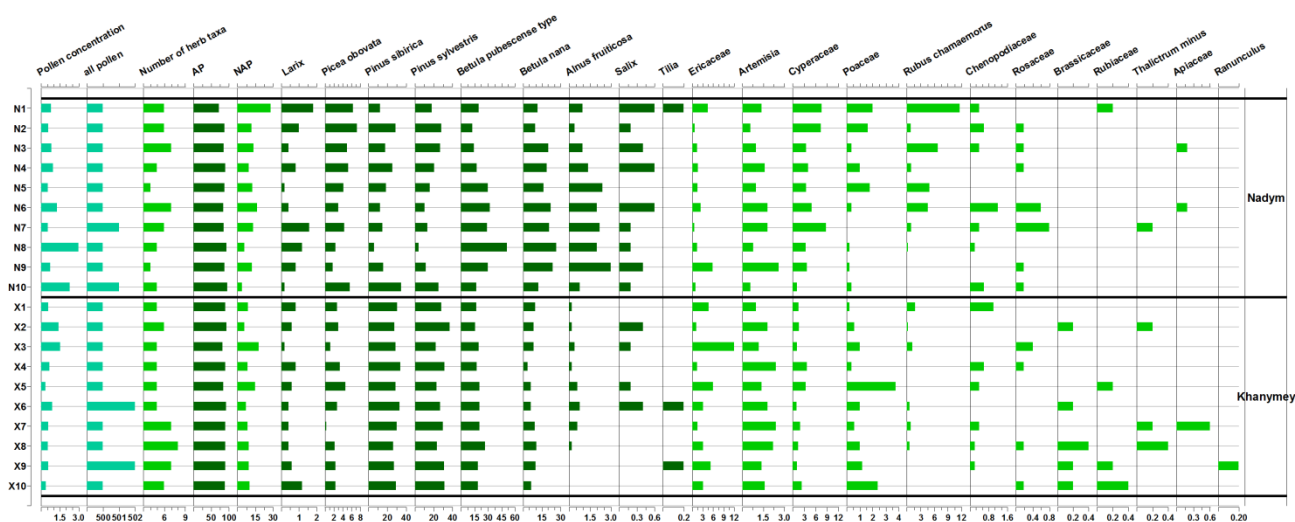


Рис. 2. Спорово-пыльцевые спектры изученных подзон растительности:

Pollen concentration – концентрация пыльцы в пробах (пыльцевые зерна / см<sup>3</sup>); All pollen – общее число пыльцевых зерен; Number of herb taxa – число таксонов трав в пробе; NAP – общее число пыльцевых зёрен травянистых растений и кустарничков; AP – общее число пыльцевых зёрен древесных растений и кустарничков.

По вертикали – пробы, по горизонтали состав спорово-пыльцевых спектров, %

### Заключение

В субрецентных спектрах выявлен 21 тип палиноморф, в том числе пыльцевые зерна 7 таксонов деревьев, 3 таксонов кустарничков, 1 таксона кустарничков (Ericaceae) и 11 таксонов травянистых растений. Состав изученных поверхностных спорово-пыльцевых спектров для исследованных зон севера Западной Сибири в целом соответствует составу современной растительности. Пиковые значения содержания пыльцы *Pinus* (N-10 – 60 %), *Betula* (N-8 – 49 %), *Cyperaceae* (N-1 – 7,6 %; N-2 – 7,4 %; N-7 – 8,8 %), *Rubus chamaemorus* (N-1 – 11,6 %), Ericaceae (X-3 – 12,8 %) – обусловлены доминированием растений составляющих эти пыльцевые таксоны в точках отбора проб.

### ЛИТЕРАТУРА

- Букреева Г.Ф., Левковская Г.М. Зональные особенности составов рецентных спорово-пыльцевых спектров долины р. Оби и их взаимосвязь с показателями современного климата // Проблемы реконструкции климата и природы среды Голоцена и Плейстоцена Сибири. Новосибирск : Изд-во ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2000. С. 48–55.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л. : Наука, 1972. 256 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Л. : Наука, 1978. 219 с.
- Новенко Е.Ю., Мазей Н.Г., Зерницкая В.П. Рецентные спорово-пыльцевые спектры заповедных территорий европейской части России как ключ к интерпретации результатов палеоэкологических исследований // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2017. Т. 2, № 2. С. 55–65.
- Пермяков А.И. Особенности формирования спорово-пыльцевых спектров современных континентальных осадочных отложений // Четвертичная геология и морфология Западно-сибирской низменности: Труды ИГиГ. 1964. Вып. 25. С. 82–90.
- Пьявченко Н.И. Результаты палинологического изучения торфяников Енисейской полосы Сибири // Значение палинологического анализа для стратиграфии и палеогеографии. М. : Наука, 1966. С. 232–238.
- Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры Европейской части СССР / под ред. Л.А. Куприяновой. Л. : Наука, 1983. 303 с.

## К исследованию ресурсов растений семейства Rosaceae с противовирусной активностью в Южной Сибири

М.Н. Шурупова, В.С. Шурупов, Р.С. Романец

Томский государственный университет, Томск, Россия; rita.shurupova@inbox.ru

**Аннотация.** Исследование направлено на изучение природных запасов в Южной Сибири 6 видов семейства Rosaceae: *Agrimonia pilosa* Ledeb., *Alchemilla vulgaris* L. s.l., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *F. vulgaris* Moench., *F. stepposa* Juz. и *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz. Растительное сырье этих видов рассматривается как стратегически важный источник биологически активных веществ с противовирусной активностью, перспективных для фармацевтической отрасли. Для местообитаний из некоторых районов Южной Сибири приведены такие ресурсные показатели этих видов, как коэффициент усушки, урожайность, площадь заросли и биологические запасы.

**Ключевые слова:** растительные ресурсы, Rosaceae, Южная Сибирь, противовирусная активность.

## To the resource study of the Rosaceae plants with antiviral activity in Southern Siberia

M.N. Shurupova, V.S. Shurupov, R.S. Romanets

Tomsk State University, Tomsk, Russia; rita.shurupova@inbox.ru

**Abstract.** The survey is directed at revealing of the natural reserves of 9 species of Rosaceae family in the Southern Siberia: *Agrimonia pilosa* Ledeb., *Alchemilla vulgaris* L. s.l., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *F. vulgaris* Moench., *F. stepposa* Juz., and *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz. Raw materials of these species are considered as a strategically important source of biologically active substances with antiviral activity being perspective for pharmaceutical branch. For habitats from some regions of Southern Siberia, the resource indicators of these species are given, such as the coefficient of shrinkage, productivity, area of thickets and biological reserves.

**Key words:** plant resources, Rosaceae, Southern Siberia, antiviral activity.

Многие страны в контексте пандемии 2020 года столкнулись с тем, что их системы здравоохранения и накопленные знания в области клинической медицины и фармакологии оказались бессильны перед новыми формами инфекционных болезней. В результате, противостоять вирусной пневмонии, вызванной COVID-19, международное медицинское сообщество смогло только на уровне симптоматического лечения, а способы предотвращения эпидемии, начиная от профилактики заболевания в виде гигиенических мер и системного укрепления иммунитета населения, заканчивая борьбой с болезнью в условиях стационара, оказались недостаточными. Для создания новых эффективных препаратов для лечения коронавирусной инфекцией в адрес ведущих зарубежных фармацевтических компаний были направлены миллионные инвестиции и организованы беспрецедентные меры поддержки, из них с момента начала пандемии 275 млн долларов направлены на разработку вакцин (Coronavirus..., 2020). Опубликованы результаты двойного слепого рандомизированного исследования вакцины, разработанной в Национальном исследовательском центре эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (Logunov et al., 2020). К маю 2020 г. 40 млн долларов в мировом масштабе направлены на разработку средств для лечения коронавирусной пневмонии. На фоне развивающегося глобального экономического кризиса необходимо учитывать вероятные большие затраты промышленного производства синтетических противовирусных лекарств. В то же время недооценен лекарственный потенциал противовирусных растений с богатой историей применения в народной медицине.

Фитопрепараты, в отличие от синтетических лекарств, обладают рядом преимуществ: относительно низкая себестоимость и, как следствие, доступность для большинства граждан; небольшое число или отсутствие побочных эффектов при применении, политерапевтичность. По последним сводкам, на мировом рынке лекарственных средств, доля фитопрепаратов составляет 30 % и продолжает увеличиваться с каждым годом (Широкова, 2013). Тем временем Российская Федерация, располагающая огромнейшим потенциалом растительных ресурсов, за 30 лет смогла выпустить всего лишь несколько препаратов растительного происхождения, прошедших все этапы исследований, включая клинические, и успешно внедренных в фармакопею. Поэтому, чтобы реанимировать работу в направлении фармакологических исследований фитопрепаратов, в том числе обладающих противовирусной активностью, необходимо принимать меры, направленные на осуществление регулярного мониторинга и изучения природных запасов растений для разработки стратегии их рационального использования. Огромные запасы растительного сырья сосредоточены на обширной территории Южной Сибири.

Многие виды семейства Rosaceae являются перспективными лекарственными растениями, препараты из которых с высокой долей вероятности могут показать эффективность при лечении и профилактике острых респираторных вирусных инфекций (Попов, 2020). В контексте пандемии остро встал вопрос о нехватке действенных лекарственных средств, предотвращающих заболевание или уменьшающих патогенные процессы после заражения. Некоторые перспективные для разработки противовирусных фитопрепаратов виды семейства Rosaceae произрастают в природе со значительным обилием: *Agrimonia pilosa* Ledeb., *Alchemilla vulgaris* L. s.l., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *F. stepposa* Juz., *F. vulgaris* Moench. и *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz. Их естественные возобновляемые ресурсы представляют собой стратегически важный источник биологически активных веществ. При этом изготовление препаратов в форме водных, водно-этанольных и сухих экстрактов значительно дешевле промышленного синтеза лекарственной продукции, а применение таких препаратов, в отличие от синтезированных, не сопряжено с большим количеством побочных эффектов.

После распада СССР учет сведений о запасах растительного сырья, организованный в рамках системы аптекоуправлений и лесоустройств, а также на базе научно-образовательных и академических учреждений, был приостановлен и почти не финансировался. В результате, имеющиеся сведения о запасах полезных растений сильно устарели, а по многим перспективным видам отсутствуют. Параллельно с поиском биологически активных соединений, содержащихся в растениях видов семейства Rosaceae, и разработкой способов создания высокоэффективных концентратов биологически активных веществ необходимо получение актуальных сведений о природных запасах этих растений.

Данная работа является начальным этапом разностороннего исследования ресурсного потенциала *Agrimonia pilosa*, *Alchemilla vulgaris* s.l., *Filipendula ulmaria*, *F. stepposa*, *F. vulgaris* и *Pentaphylloides fruticosa*. При оценке запасов в конкретных зарослях для каждого вида введено ресурсное исследование методами модельного побега для травянистых многолетников с удлинёнными вегетативно-генеративными побегами (*Agrimonia pilosa*, *Filipendula ulmaria*, *F. vulgaris*, *F. stepposa*) и проективного покрытия для полурозеточных травянистых многолетников (*Alchemilla vulgaris*) и кустарников (*Pentaphylloides fruticosa*).

Исследование проведено в следующих локациях: *Agrimonia pilosa* – (1) Новосибирская обл., Мошковский р-н, окр. с. Дубровино, правобережье р. Оби, пойменный луг на опушке березового леса, 2-я терраса, 100 м над ур. м., N 55° 29,60' E 083° 22,84'; (2) Алтайский край, Бийский р-н, правобережье р. Бии, окр. п. Молодежный, 180 м над ур. м., разреженный сосновый лес, N 52° 27,63' E 085° 03,43'; (3) Республика Хакасия, Ширинский р-н, окр. с. Ефремкино, разнотравный луг в разреженном лиственнично-березовом лесу, 510 м над ур. м., N 54° 27,22' E 089° 27,76'; *Alchemilla vulgaris* – (1) Томская область, Томский р-н, окрестности п. Ветеран, залежь, 160 м над ур. м., N 56° 22,70' E 084° 58,19'; (2) Алтайский край, Чарышский р-н, окр. д. Тулата, 3 км вверх по течению р. Тулата, остепненный злаково-разнотравный луг, 600 м над ур. м., юго-западный склон, наклон 5–9°, N 51° 18,10' E 083° 23,45'; *Filipendula vulgaris* – (1) Алтайский край, Смоленский р-н, окр. д. Сычевка, остепненный луг, 220 м над ур. м., N 52° 04,49' E 084° 47,66'; (2) Алтайский край, Алейский р-н, окр. п. Приятельский, разнотравно-злаковый луг, 190 м над ур. м., N 52° 13,99' E 083° 03,41'; *F. stepposa* – (1) Алтайский край, Алейский р-н, окр. п. Приятельский, разнотравно-злаковый луг, 190 м над ур. м., N 52° 13,99' E 083° 03,41'; (2) Кемеровская область, Мариинский р-н, окр. п. Чистопольский, ветрозащитная полоса с *Populus balsamifera* L., N 56° 04,51' E 088° 02,53'; *F. ulmaria* – (1) Томская область, Томский р-н, окр. п. Ветеран, юго-западный склон, 100 м над ур. м., березовое разнотравное редколесье, N 56° 22,65' E 084° 57,74'; (2) Республика Хакасия, Ширинский р-н, дол. р. Курбюльстюг, закустаренный остепненный луг в долине ручья, 490 м над ур. м., N 54° 31,60' E 089° 29,86'; (3) Республика Хакасия, Ширинский р-н, окр. с. Ефремкино, разнотравный закустаренный (*Rosa majalis* Herrm.) луг, 510 м над ур. м., N 54° 27,38' E 089° 27,26'; *Pentaphylloides fruticosa* – (1) Алтайский край, Чарышский р-н, окр. д. Генераловка, вершина хребта, остепненный разнотравный закустаренный луг, 900 м над ур. м., N 51° 13,05' E 083° 12,50'; (2) Республика Хакасия, Ширинский р-н, дол. р. Курбюльстюг, закустаренный остепненный луг в долине ручья, 490 м над ур. м., N 54° 31,60' E 089° 29,86'.

Наибольшим коэффициентом усушки характеризуется *Agrimonia pilosa*, наименьшим – *Pentaphylloides fruticosa* (табл. 1). Этот ресурсный показатель принято считать стабильным, поскольку он обусловлен жизненной формой и анатомическим строением растений, а точнее соотношением в надземных органах механических, проводящих и основных тканей, что является видоспецифичной характеристикой. Урожайность видов, напротив, варьирует в зависимости от условий произрастания, которые отражаются на массе растений и их обилии в фитоценозе. Самая высокая средняя урожайность выявлена у *Filipendula stepposa*, *F. ulmaria* и *Pentaphylloides fruticosa*, самая низкая – у *Filipendula*

*vulgaris* и *Alchemilla vulgaris*. Этот показатель, используемый в дальнейших расчетах биологических запасов, влияет на прогнозы заготовок, а также отразится на трудозатратах на сбор сырья и, соответственно, на его себестоимости.

**Ресурсные показатели видов семейства Rosaceae в Южной Сибири  
(*M* – среднее арифметическое, *m* – стандартная ошибка среднего)**

Вид	Коэффициент усушки, $M \pm m$	Номера локаций	Урожайность, г/м <sup>2</sup> , $M \pm m$	Площадь конкретной заросли (ключевого участка*), м <sup>2</sup>	Биологические запасы конкретной заросли (на ключевом участке*), кг, $M \pm m$
<i>Agrimonia pilosa</i>	3,7±0,0	(1)	18±3	200 (4620000*)	3,5±0,2 (830±40*)
		(2)	17±4	37 (1200000*)	0,6±0,0 (64±6*)
		(3)	12±2	52000	3) 620±50
<i>Alchemilla vulgaris</i>	3,2±0,0	(1)	6±1	180000	900±200
		(2)	5±1	15000	70±20
<i>Filipendula vulgaris</i>	2,1±0,0	(1)	3,6±0,5	25000	90±10
		(2)	1,5±0,3	7000	39±8
<i>F. stepposa</i>	3,0±0,1		110±40	1700	190±70
<i>F. ulmaria</i>	2,2±0,2	(1)	70±9	16300	1220±200
		(2)	14±5	21900	300±100
		(3)	11±4	22460	240±90
<i>Pentaphylloides fruticosa</i>	2,0±0,1	(1)	25±3	10200	260±30
		(2)	71±9	185000	11000±2000

*Примечание.* 1–3 – локация конкретных зарослей каждого вида (объяснения см. в тексте).

Площадь конкретных зарослей – также варьирующий показатель, который меняется в зависимости от конкретной локации и ее эколого-фитоценологических условий. У всех видов встречаются обширные заросли, площадью в десятки и даже сотни тысяч квадратных метров. *Agrimonia pilosa* в некоторых местообитаниях произрастает неравномерно (локусами), тем не менее занимая довольно обширные участки. В отношении выявленных запасов в конкретных зарослях наиболее продуктивными являются *Pentaphylloides fruticosa* и *Filipendula ulmaria*, их выявленные биологические запасы составляют более тонны сухого сырья, что объясняется способностью этих видов быть доминантами и даже эдификаторами растительных сообществ и формировать сплошные «ленточные» заросли, приуроченные к формам рельефа. Самые непродуктивные заросли – у *Filipendula vulgaris*.

Все изученные представители Rosaceae, будучи широко распространенными многолетними растениями, приуроченными преимущественно к луговому растительным сообществам, могут рассматриваться в качестве ресурсных видов I категории; их заготовка в значительных объемах не приведет к сокращению распространения в природе. Для экономической целесообразности заготовок в дальнейшем планируется получить расширенный список местообитаний в пределах Южной Сибири, где ожидается высокая урожайность видов и, как следствие, высокая продуктивность зарослей.

ЛИТЕРАТУРА

- Попов П.Л. Формирование списка видов растений, наиболее перспективных на обнаружение или дальнейшее исследование противовирусной активности // Вестник Биомедицина и социология. 2020. Т. 5, № 2. С. 32–51.
- Широкова И. Рынок фитопрепаратов – тенденции, проблемы, прогнозы // Ремедиум. 2013. № 4. С. 26–32.
- Coronavirus drug, water warning and virus-research funding // Nature. 2020. Vol. 581. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-01314-8>.
- Logunov D.Y., Dolzhikova I.V., Zubkova O.V. et al. Safety and immunogenicity of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine in two formulations: two open, non-randomised phase ½ studies from Russia // Lancet. 2020. No 4. P. 1–11.

## К изучению чужеродных видов во флоре Хакасии

А.Л. Эбель<sup>1</sup>, С.А. Шереметова<sup>2</sup>, И.А. Хрусталева<sup>2</sup>,  
Т.О. Стрельникова<sup>2</sup>, С.И. Михайлова<sup>1,3</sup>, Т.В. Эбель<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; alex-08@mail2000.ru

<sup>2</sup> ФГБУН «Институт экологии человека» ФИЦ УУХ СО РАН, Кемерово, Россия; ssheremetova@rambler.ru

<sup>3</sup> Томский филиал ФГБУ «ВНИИКР», Томск, Россия; t-ebel@sibmail.com

**Аннотация.** В результате проведенных авторами полевых исследований, анализа публикаций и гербарных материалов установлено, что к настоящему времени чужеродный компонент флоры Республики Хакасия насчитывает около 140 видов сосудистых растений. Из этого числа более 30 видов – инвазивные растения, включенные в сводку «Черная книга флоры Сибири». В последние годы наблюдается как довольно быстрое пополнение флоры чужеродными растениями, так и заметное расселение ряда инвазивных видов по территории Хакасии. Для целей мониторинга чужеродных видов растений нами используются возможности международной научной сети iNaturalist.org.

**Ключевые слова:** флора, Сибирь, Хакасия, чужеродные растения, инвазивные виды.

## To the study of alien species in the flora of Khakassia

A.L. Ebel<sup>1</sup>, S.A. Sheremetova<sup>2</sup>, I.A. Khrustaleva<sup>2</sup>, T.O. Strelnikova<sup>2</sup>,  
S.I. Mikhailova<sup>1,3</sup>, T.V. Ebel<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia; alex-08@mail2000.ru

<sup>2</sup> Institute of Human Ecology of the SB RAS, Kemerovo, Russia; ssheremetova@rambler.ru

<sup>3</sup> Tomsk Branch of All-Russian Plant Quarantine Center (“VNIKCR”), Tomsk, Russia; t-ebel@sibmail.com

**Abstract.** As a result of the field studies, analysis of publications and herbarium materials, it has been established that by now the alien flora of the Republic of Khakassia includes about 140 species of vascular plants. Of this number, more than 30 species are invasive plants included in the “Black Book of Flora of Siberia” (2016). In recent years, there has been both a fairly rapid replenishment of the flora with alien plants and a noticeable dispersal of a number of invasive species across the territory of Khakassia. For the purpose of monitoring alien plant species, we use the capabilities of the international scientific network iNaturalist.org.

**Key words:** flora, Siberia, Khakassia, alien plants, invasive species.

Трансформация флоры под воздействием влияния человека – одно из проявлений синантропизации растительного покрова, которая в свою очередь является частью антропогенной эволюции экосистем. Наиболее ярко синантропизация проявляется в виде двух противоположно направленных процессов. Первый из них – занос, расселение и натурализация, вплоть до внедрения в природные растительные сообщества, чужеродных (адвентивных) видов, появление которых на данной территории не связано с естественным процессом флорогенеза. В настоящее время в мире известно более 13 тыс. видов растений, занесенных и натурализовавшихся в результате хозяйственной деятельности человека (Kleunen et al., 2015). Второй процесс – сокращение численности популяций аборигенных видов и даже выпадение некоторых из них из состава флоры. Эти взаимосвязанные процессы ведут к существенным изменениям в растительном покрове, последствия которых трудно предсказуемы и во многих случаях негативны.

Изучение антропогенной трансформации флоры тесно связано с решением задач стабильного функционирования экосистем. Раннее обнаружение и предотвращение воздействия чужеродных видов на экосистемы является одним из необходимых условий сохранения биоразнообразия. Разработка и реализация системы мероприятий по предотвращению неконтролируемого распространения чужеродных видов и ликвидации его последствий является одним из приоритетных направлений деятельности по обеспечению экологической безопасности.

В последние десятилетия изучение синантропизации флоры как особое направление флористики получило интенсивное развитие и в нашей стране. В Сибири изучение этого наиболее молодого и динамичного компонента флоры не имеет таких давних традиций, как в европейской части России и в зарубежной Европе. В обобщающих сводках (Флора Сибири, 1987–2003, Конспект флоры Сибири, 2005, Конспект флоры Азиатской России, 2012), в изданных в последние годы региональных сибирских определителях растений и конспектах флор зачастую не учтены даже широко распространившиеся чужеродные виды. Многие «случайные» заносные виды, не проявляющие тенденции к натурализации (эфимерофиты), очевидно, просто не были вовремя загербаризированы или же зарегистрированы каким-либо другим способом. Поэтому степень изученности чужеродных видов растений в Сибири (как в целом, так и в ее отдельных областях) в несколько раз ниже, чем в Европе. Несколько лучше обстоит дело с натурализовавшимися и проявляющими тенденцию к натурализации видами, однако и в

отношении этих групп растений можно говорить об относительно удовлетворительной изученности лишь немногих районов, в которых проводились целенаправленные исследования. Ярким свидетельством этого является наблюдаемый в последние годы поток публикаций о находках чужеродных растений в разных частях Сибири.

Изучение флоры Хакасии, расположенной на юго-западе Средней (Приенисейской) Сибири, имеет длительную историю (Черепнин, 1954; Куминова, 1976). К настоящему времени создано уже несколько обобщающих сводок, посвященных флоре этой весьма интересной в фитогеографическом отношении территории и соседних районов Красноярского края (Черепнин, 1957–1967; Королева, 1976; Определитель..., 1979; Анкипович, 1999). Результаты флористических исследований отдельных районов РХ отражены в ряде работ, практически полный список которых имеется в недавно опубликованной статье красноярских ботаников (Тупицына, Сазанаква, 2015).

Несмотря на это, до недавних пор было сравнительно мало сведений о чужеродном компоненте флоры Хакасии, представленном собственно заносными (адвентивными) и дичающими из культуры видами растений. Из флористических сводок, так или иначе охватывающих территорию Хакасии (Черепнин, 1957–1967; Флора..., 1960–1983; Королева, 1976; Флора Сибири, 1987–2003; Анкипович, 1999; Флора..., 2002; Шауло, 2006), можно почерпнуть лишь наиболее общие либо отрывочные сведения о видовом составе и распространении чужеродных растений в этом районе Сибири. В последние годы появилось несколько публикаций, в которых упоминаются находки отдельных чужеродных растений на территории Хакасии. Тем не менее, инвентаризация чужеродных видов растений в этом регионе еще далека от завершения, как в силу недостаточного внимания к этому компоненту флоры, так и в связи с продолжающимся заносом новых видов. Нелишне отметить, что природа этой небольшой по площади и по численности населения республики испытывает в настоящее время мощный антропогенный пресс, вызванный как сельскохозяйственным и промышленным освоением территории, так и интенсивным ежегодно увеличивающимся рекреационным использованием. Несомненно, эти процессы отражаются и на структуре флоры, и нередко приводят к увеличению числа и обилия чужеродных видов растений.

К настоящему времени на территории Республики Хакасия зарегистрировано около 140 видов чужеродных растений; при этом более 20 из них выявлены в последние 5 лет (Эбель и др., 2017, 2018; Шауло и др., 2019, 2020). По степени натурализации чужеродные растения Хакасии распределены следующим образом: случайные (не натурализовавшиеся) – более 40 видов, натурализовавшиеся – более 60, инвазивные – более 30. Впервые в Хакасии за последние 5 лет (2016–2020 гг.) зарегистрированы следующие инвазивные виды, не указанные для этой территории в «Черной книге флоры Сибири» (2016): *Centaurea stoebe* (= *C. pseudomaculosa*), *Epilobium pseudorubescens*, *Lotus corniculatus*, *Oenothera villosa*, *Saponaria officinalis*. Кроме того, в этой сводке по разным причинам не были указаны для Хакасии еще 3 распространенных здесь инвазивных вида, отмеченных в более ранних публикациях: *Helianthus tuberosus*, *Pastinaca sativa*, *Vicia hirsuta*.

Биологические инвазии – одна из актуальных экономических и экологических мировых проблем. Инвазивные виды, помимо негативного воздействия на экосистемы, могут оказывать влияние на эволюционный процесс, а также представлять угрозу как для сельского и лесного хозяйства, так и для здоровья людей. Среди них значительную часть составляют сорные, карантинные и аллергенные виды растений. Так, к числу довольно агрессивных сеgetальных растений в Хакасии относятся *Echinochloa crus-galli*, *Sphallerocarpus gracilis*, *Tripleurospermum inodorum* (широко распространены в посевах сельскохозяйственных культур) и *Malva verticillata* (трудноискоренимый огородный сорняк).

Исследования последних лет показывают необходимость пересмотра статуса некоторых видов в сторону большей инвазивности. Так, в Хакасии наблюдается расселение (а в некоторых случаях и проникновение в малонаселенные горные районы) следующих инвазивных видов: *Acer negundo*, *Atriplex sagittata*, *Echium vulgare*, *Elodea canadensis*, *Epilobium adenocaulon*, *Lepidium densiflorum*.

Часто результатом внедрения инвазивных видов растений является трансформация естественных флористических комплексов с образованием паразональных и параинтронзональных сообществ. Натурализация инвазионных видов может полностью менять облик растительных формаций (Туганаев, Пузырев, 1988). В качестве примера можно привести *Ulmus pumila*, который в Хакасии очень активно расселяется на залежах (преимущественно в котловинно-степных районах), формируя здесь своеобразные сообщества. Среди потенциально инвазивных видов следует отметить *Aconogonon divaricatum*, *Chrysaspis campestris*, *Galium mollugo*, *Sisymbrium volgense*. В последние годы наблюдается довольно быстрое расселение этих чужеродных видов, сравнительно недавно появившихся на территории Хакасии.

Существует опасность гибридизации инвазивных растений с представителями местной флоры и появление более устойчивых и агрессивных в данном климате гибридов. Так, гибрид между инвазивным видом *Medicago sativa* и местным *M. falcata* (*Medicago* × *varia*) в последние годы отмечен в ряде районов Сибири (в том числе, в Хакасии), причем в некоторых местах он встречается чаще родительских видов.

В качестве интерактивной платформы, отражающей распространение чужеродных видов растений на территории Сибири (в том числе, из Хакасии) и позволяющей вести их мониторинг, использована научная социальная сеть iNaturalist.org, организованная по принципу «гражданской науки» и имеющая ряд преимуществ перед другими. Наблюдения, зафиксированные с помощью iNaturalist (для растений это обычно сделанные в природных условиях фотографии с географическими координатами), предоставляют ценные открытые данные научно-исследовательским проектам, природоохранным агентствам, другим организациям и общественности. Сведения о находках видов после их определения и подтверждения экспертами экспортируются в Глобальную информационную систему по биоразнообразию GBIF (<https://www.gbif.org/>). На базе iNaturalist в конце октября 2018 г. создан проект «Invasive Plants of Siberia» (<https://www.inaturalist.org/projects/invasive-plants-of-siberia>). По состоянию на 01.09.2020 г. в этом проекте насчитывалось более 8 тыс. наблюдений инвазивных и потенциально инвазивных видов растений (в том числе, с территории Хакасии почти 250 наблюдений 57 видов). Следует упомянуть также другой созданный на этой же платформе сетевой проект – «Флора Хакасии / Flora of Khakassia» (<https://www.inaturalist.org/projects/flora-of-khakassia>), включающий к настоящему времени сведения о местонахождениях как аборигенных, так и чужеродных видов растений Хакасии. К настоящему времени в этом проекте имеется почти 1200 наблюдений «исследовательского уровня» (более 400 видов растений).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Анкипович Е.С. Каталог флоры Республики Хакасии. Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 1999. 74 с.
- Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
- Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск : Наука, 2005. 362 с.
- Королева А.С. Список видов флоры Хакасии // Растительный покров Хакасии. Новосибирск : Наука, 1976. С. 377–418.
- Куминова А.В. Введение // Растительный покров Хакасии. Новосибирск, 1976. С. 3–9.
- Определитель растений юга Красноярского края / под ред. И.М. Красноборова и Л.И. Кашиной. Новосибирск: Наука, 1979. 669 с.
- Тулицына Н.Н., Сазанакоева Е.В. Обзор флористических исследований Хакасии // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2015. № 4 (32). С. 6–41.
- Флора Красноярского края. Томск : Изд-во Том. ун-та ; Новосибирск : Наука, 1960–1983. Вып. 1–10.
- Флора островных приенисейских степей. Сосудистые растения / Положий А.В., Гуреева И.И., Курбатский В.И., Выдрин С.Н., Олонова М.В., Наумова Е.Г. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2002. 156 с.
- Флора Сибири. Новосибирск : Наука, 1987–2003. Т. 1–14.
- Черепнин Л.М. История исследования растительного покрова южной части Красноярского края // Ученые записки Красноярского гос. пед. ин-та. 1954. Т. 3, вып. 1. С. 3–80.
- Черепнин Л.М. Флора южной части Красноярского края. Красноярск: Красноярский рабочий, 1957–1967. Вып. 1–6.
- Черная книга флоры Сибири / науч. ред. Ю.К. Виноградова ; отв. ред. А.Н. Куприянов. Новосибирск : Гео, 2016. 440 с.
- Шауло Д.Н. Флора Западного Саяна // Turczaninowia. 2006. Т. 9, № 1–2. С. 5–336.
- Шауло Д.Н., Зыкова Е.Ю., Шмаков А.И., Тулицына Н.Н., Молокова Н.И., Артемов И.А., Анькова Т.В., Сонникова А.Е., Шанмак Р.Б., Саак Н.В., Анкипович Е.С. Флористические находки на юге Средней Сибири: Красноярский край, Хакасия, Тыва // Turczaninowia. 2019. Т. 22, № 2. С. 80–93.
- Шауло Д.Н., Зыкова Е.Ю., Шмаков А.И., Тулицына Н.Н., Сонникова А.Е., Шанмак Р.Б., Халбы М.О., Самбуу А.Д., Анкипович Е.С. Адвентивные виды во флоре Верхнего Енисея // Turczaninowia. 2020. Т. 23, № 2. С. 49–58.
- Эбель А.Л., Михайлова С.И., Стрельникова Т.О., Шереметова С.А., Лащинский Н.Н., Эбель Т.В. Новые и редкие для Хакасии чужеродные виды растений // Turczaninowia. 2017. Т. 20, № 1. С. 52–67.
- Эбель А.Л., Шереметова С.А., Стрельникова Т.О., Хрусталева И.А. Флористические находки в южных районах Приенисейской Сибири (чужеродные растения) // Растительный мир азиатской России. 2018. № 4 (32). С. 89–94.
- Kleunen M. van, Dawson W., Essl F., Pergl J., et al. Global exchange and accumulation of non-native plants // Nature. 2015. Vol. 525 (7567). P. 100–103. DOI: 10.1038/nature14910

## Идентификация ярутки полевой (*Thlaspi arvense* L., Brassicaceae) – регулируемого странами-импортерами вида сорных растений

Т.В. Эбель<sup>1</sup>, С.И. Михайлова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Томский филиал ФГБУ «ВНИИКР», Томск, Россия; t-ebel@sibmail.com

<sup>2</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; mikhailova.si@yandex.ru

**Аннотация.** Представлена информация об идентификации растений и семян ярутки полевой – сорняка, регулируемого 9 странами-импортерами российской продукции растениеводства. Составлены таблицы и ключи для определения принадлежности растений и семян к семейству Brassicaceae, роду *Thlaspi* и виду *T. arvense*. Сделан вывод о том, что идентификация семян ярутки полевой обычно не представляет затруднений ввиду наличия характерных особенностей их морфологии.

**Ключевые слова:** регулируемые вредные организмы, сорняк, ярутка полевая, семена, идентификация.

## Identification of field pennycress (*Thlaspi arvense* L., Brassicaceae) - a species of weeds regulated by importing countries

T.V. Ebel<sup>1</sup>, S.I. Mikhailova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Tomsk Branch of FGBU «VNIICR», Tomsk, Russia; t-ebel@sibmail.com

<sup>2</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia; mikhailova.si@yandex.ru

**Abstract.** Information on the identification of plants and seeds of the field pennycress – a weed regulated by 9 countries-importers of Russian crop production is presented. Tables and identification keys were compiled to determine whether plants and seeds belong to the Brassicaceae family, the *Thlaspi* genus and the *T. arvense* species. It was concluded that the identification of seeds of the field pennycress usually presents no difficulties due to the presence of characteristic features of their morphology.

**Key words:** regulated pests, weed, field pennycress, seeds, identification

Развитие экспорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья – важное направление российской внешней торговли. Экспорт продовольственной продукции предусматривает выполнение определенных требований стран-импортеров в части показателей качества и безопасности товара. Одним из необходимых условий для соблюдения данных требований является отсутствие в продукции регулируемых стран-импортером вредных организмов.

Ярутку полевую *Thlaspi arvense* L. как карантинный вредный организм регулируют несколько стран-импортеров российской продукции: Мексика, Венесуэла, Парагвай, Уругвай, Эквадор, Египет, Таиланд. Данный сорняк запрещен к ввозу в Никарагуа (в сорной примеси к ядру подсолнечника) (EPPO, <https://gd.eppo.int/>; International..., <https://www.ippc.int/en/countries/all/list-countries/>). Весь род *Thlaspi* входит в список регулируемых некарантинных вредных организмов в Сирии (Россельхознадзор..., <http://www.fsvps.ru/fsvps/importExport>). В 2020 г. в Томском филиале ФГБУ «ВНИИКР» в рамках выполнения государственного задания Россельхознадзора выполнялась научно-исследовательская работа «Разработка методических рекомендаций по выявлению и идентификации ярутки полевой *Thlaspi arvense* L.».

Ярутка полевая – вид-космополит средиземноморского происхождения. На территории России распространена по всем земледельческим районам (до северных пределов земледелия) (AgroAtlas; Дорофеев, 1998). Это сорно-рудеральное растение относится к группе двудольных однолетних зимующих сорняков (Отраслевой..., 2018). В равнинных условиях является одним из наиболее распространенных сорняков и засоряет особенно сильно озимые посевы и пары (Ярмоленко, Васильченко, 1934). Является сорняком следующих групп культур: эфиромасличные, зернобобовые, технические, овощные, зерновые, зерновые крупяные, кормовые травы (Ярутка..., <https://www.syngenta.ru/target/thlaspi-arvense>). Как рудерал встречается на залежах, мусорных местах, близ жилья, вдоль железных и грунтовых дорог (AgroAtlas). Самым распространенным способом проникновения семян ярутки на новые территории является спейрохория – перенос с семенами культурных растений. Семена ярутки чаще всего засоряют мелкосемянные культуры, так как близки с ними по физическим параметрам.

В результате выполнения НИР нами был разработан анатомо-морфологический метод идентификации растений и семян ярутки полевой для проведения герботогических экспертиз подкарантинной продукции. Всего в мире насчитывается около 80 видов яруток (The Plant List, <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Brassicaceae/Thlaspi/>). В агроценозах Российской Федерации помимо ярутки полевой возможно встретить еще лишь один вид из этого рода – ярутку пронзеннолистную (*T. perfoliatum* L.) (Ярмоленко, Васильченко, 1934; Дорофеев, 1998, 2002, 2003).



Идентификация растений *T. arvense* проводится по комплексу морфологических признаков вегетативных и генеративных органов целых растений в 2 этапа: (1) определение принадлежности растения к семейству Капустные (Brassicaceae) и роду Ярутка (*Thlaspi*), согласно признакам, приведенным в табл. 1; (2) определение принадлежности растения к виду Ярутка полевая (*T. arvense*) согласно приведенному ниже дихотомическому ключу.

Т а б л и ц а 1

**Морфологические признаки растений рода Ярутка – *Thlaspi***

Признак	Описание
Общее строение	Однолетние травянистые растения, голые, т.е. никакие части растения (включая оси соцветий, цветоножки, плоды) не имеют опушения. Листья очередные, нижние часто образуют прикорневую розетку
Соцветие	Верхушечное кистевидное или щитковидное, обычно безлистное
Цветок	Околоцветник двойной. Чашечка из 4 чашелистиков. Венчик правильный, раздельнолепестный, состоит из 4 крестообразно расположенных белых лепестков. Тычинок 6, расположенных в 2 круга: 2 боковые (наружный круг) – короткие, 4 срединные – более длинные. Пестик 1, с одним столбиком (рыльцем)
Завязь	Завязь верхняя, сидячая, состоит из двух плодолистиков, по шву срастания которых образуется ложная перегородка, делящая завязь на 2 гнезда. На стадии цветения, как правило, уже видно, какое будет соотношение длины завязи к ее ширине. Во время роста плода эти отношения обычно сохраняются, и, следовательно, глядя на завязь, в известной мере можно предвидеть, какой сформируется плод – стручок (длина плода не менее чем в 4 раза превышает ширину) или стручочек (длина превышает ширину не более чем в 4 раза). Это очень важное обстоятельство, так как растения, взятые для определения, часто бывают только в стадии цветения
Плод	Стручочек (длина плода не превышает его ширину или превышает ее не больше чем в 3(4) раза), с хорошо заметным крылом по краю, раскрывающийся двумя опадающими створками, внутри которых имеется пленчатая ложная перегородка, как бы натянутая на рамку, на которой прикрепляются семена. Створки сильно выпуклые, ладьевидные (стручочек сплюснут со стороны швов, перпендикулярно перегородке), рамка стручочка узкая. Гнезда стручочка 2 – многосемянные

Ключ для определения видов рода *Thlaspi*

1. Растение 5–35 см выс., часто с сизым оттенком, без неприятного запаха; стебель не ребристый, стеблевые листья стеблеобъемлющие, с большими ушками, продолговато-овальные, цельнокрайние или неясно-зубчатые; чашелистики 1,25–1,75 мм дл., лепестки 2,5–3 мм дл.; стручочки 6–7 мм дл., 4,5–6 мм шир., обратносердцевидные, их гнезда 2–4-семянные; семена коричневые, гладкие, 1,25 мм дл., 0,75–1 мм шир. ....

..... ***T. perfoliatum* L. (= *Microthlaspi perfoliatum* (L.) F.K. Mey.) – Я. пронзеннолистная**

+ Растение 20–50(85) см выс., зеленое, с неприятным запахом; стебель ребристый, стеблевые листья сидячие, не стеблеобъемлющие, остро-стреловидные при основании, продолговато-ланцетные, все более или менее зубчатые; чашелистики 2–2,5 мм дл., лепестки 3–5 мм дл.; стручочки 12–18 мм дл., 11–16 мм шир., округло-овальные или округлые, их гнезда 5–8-семянные; семена темно-вишневые или темно-коричневые, слабо блестящие, овальные, несколько сжатые, около 1,2–2,5 мм дл., 1,5 мм шир., с дугообразными, морщинистыми ребрами, сходящимися к семенному рубчику ..... ***T. arvense* L. – Я. полевая**

С целью выявления особенностей строения семян видов рода *Thlaspi*, встречающихся в агроценозах Российской Федерации, нами были изучены образцы семян, собранные в природе, и гербарные сборы видов ярутки, имеющиеся в фондах Гербария им. П.Н. Крылова (ТК).

Идентификация семян ярутки полевой (*T. arvense*) проводится по комплексу морфологических признаков в два этапа: (1) определение принадлежности семян к семейству Капустные – Brassicaceae и роду Ярутка – *Thlaspi* по соответствию описанию (табл. 2), составленному на основе литературных источников (Алявдина, 1926; Леньков, 1932; Майсурян, Атабекова, 1978); (2) определение принадлежности семян к виду Ярутка полевая – *Thlaspi arvense* согласно дихотомическому ключу, составленному нами на основе литературных источников (Леньков, 1932; Буш, 1939).

Т а б л и ц а 2

**Признаки семян семейства Капустные – Brassicaceae и рода Ярутка – *Thlaspi***

Признак	Описание
Особенности строения семян	Семена безбелковые, т.е. состоят только из семенной оболочки и зародыша, который ясно заметен через кожу и всегда согнут, семядоли прямые или сложены вдоль, так что одна из семядолей вложена в другую
Форма семян	Сплюснутая, овальная или обратно-яйцевидная в очертании, без крыловидной каймы по окружности
Размер семян	От 1,2 до 2,3 мм дл., от 0,5 до 1,6 мм шир., от 0,5 до 0,75 мм толщ.
Особенности строения зародыша	Зародыш краекорешковый, т.е. семядоли плоские, прижаты друг к другу плашмя, а корешок прилегает сбоку к их краям; корешок ясно заметный, равен по длине семядолям
Основание семени	Суженное, немного сжатое с боков, с семенным рубчиком
Форма и положение рубчика	Рубчик обычно округлой формы (часто с остатками пленок или, реже, семяножки), никогда не имеет бокового положения, отчего конец корешка и семядолей находится на одном уровне
Вершина семени	Слегка расширенная, закругленная
Поверхность семян	Мелко-точечно-бугорчатая (почти гладкая), матовая либо бороздчатая, блестящая
Окраска семян	Темно-желтая или темно-вишневая, коричневая, темно-коричневая до почти черной

#### Ключ для определения видов рода *Thlaspi*

1. Семена 1,25 мм дл., 0,75–1 мм шир. и около 0,5 мм толщ., слегка сплюснутые, у семенного рубчика с остатками белой пленки, с мелкобугорчатой (при увеличении) матовой поверхностью от темно-желтого до коричневого цвета ..... ***T. perfoliatum* L.** (= *Microthlaspi perfoliatum* (L.) F.K. Mey.) – **Я. пронзеннолистная**  
+ Семена (1.2)1,75–2(2,5) мм дл., 1,25–1,75 мм шир. и около 0,75 мм толщ., сплюснутые, в основании с двумя маленькими зубчиками с белым шипиком между ними – остатком семяножки, и с семенным рубчиком; дугообразно-морщинистые (бороздчатые), морщинки идут рядами (6–7) почти параллельно наружному краю; цвет поверхности семян темно-вишневый или коричневый до почти черного, семена вдоль бороздок блестят ..... ***T. arvense* L.** – **Я. полевая**

Наличие у семян ярутки полевой таких характерных морфологических особенностей, как редкий в семействе Brassicaceae темно-вишневый или коричневый цвет, почти параллельная краю бороздчатость и блеск поверхности, способствует довольно легкой идентификации семян данного вида растений.

*Выражаем признательность за предоставленную возможность работы с коллекциями заведующей Гербарием им. П.Н. Крылова (ТК) И.И. Гуреевой.*

*Работа выполнена в рамках государственного задания Россельхознадзора «Разработка методических рекомендаций по выявлению и идентификации ярутки полевой *Thlaspi arvense* L.».*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Алявдина А. Таблица для определения плодов и семян сорных и культурных видов Cruciferae Европ. части СССР // Бюлл. Общества естествоиспыт. природы Воронежского гос. Унив. 1926. Т. 1, вып. 2–4. С. 81–89.
- Буш Н.А. Род Ярутка – *Thlaspi* (Tourn.) L. // Флора СССР. Л. : Изд-во АН СССР, 1939. Т. 8. С. 576–587.
- Дорофеев В.И. Семейство Крестоцветные – Cruciferae (Brassicaceae) средней полосы европейской части Российской Федерации // Turczaninowia. 1998. Т. 1, № 3. С. 5–91.
- Дорофеев В.И. Крестоцветные (Cruciferae Juss.) Европейской России // Turczaninowia. 2002. Т. 5, № 3. С. 5–114.
- Дорофеев В.И. Крестоцветные (Cruciferae Juss.) Российского Кавказа // Turczaninowia. 2003. Т. 6, № 3. С. 5–137.
- Леньков П.В. Семена полевых сорных растений Европейской части СССР. М. ; Л. : Гос. изд-во с.-х. и колх.-кооп. лит-ры, 1932. 320 с.
- Майсурия Н.А., Атабекова А.И. Определитель семян и плодов сорных растений. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Колос, 1978. 288 с.
- Отраслевой классификатор сорных растений: информ. издание. М. : Росинформагротех, 2018. 52 с.
- Россельхознадзор // Ввоз. Вывоз. Транзит. URL: <http://www.fsvps.ru/fsvps/importExport> (дата обращения: 25.08.2020).
- Ярмоленко А.В., Васильченко И.Т. Сем. Cruciferae Juss. – Крестоцветные // Сорные растения СССР. Л., 1934. Т. 3. С. 24–107.
- Ярутка полевая. URL: <https://www.syngenta.ru/target/thlaspi-arvense> (дата обращения: 31.08.2020).
- AgroAtlas – Агроэкологический атлас России и сопредельных государств: сельскохозяйственные растения, их вредители, болезни и сорняки. URL: <https://botane.ru/ehnciklopedija/jarutka-polevaja> (дата обращения: 31.08.2020).
- EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/> (дата обращения: 24.08.2020).
- International Plant Protection Convention. URL: <https://www.ippc.int/en/countries/all/list-countries/> (дата обращения: 25.08.2020).
- The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Brassicaceae/Thlaspi/> (дата обращения 04.09.2020).

# Сколько видов рода *Eranthis* (Ranunculaceae) в Сибири и на Дальнем Востоке России? Интегративный таксономический подход

А.С. Эрст<sup>1,2</sup>, Е.Ю. Митренина<sup>2</sup>, W. Wang<sup>3</sup>, М.В. Скапцов<sup>4</sup>, В.А. Костикова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия; erst\_andrew@yahoo.com, serebryakova-va@yandex.ru

<sup>2</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; emitrenina@gmail.com

<sup>3</sup> Государственная лаборатория систематики и эволюционной ботаники Института ботаники Китайской академии наук, Пекин, Китай; wangwei1127@ibcas.ac.cn

<sup>4</sup> Южно-Сибирский ботанический сад Алтайского государственного университета, Россия, Барнаул; mr.skaptsov@mail.ru

**Аннотация.** Для решения проблем систематики и таксономии рода *Eranthis* Сибири и Дальнего Востока был использован интегративный подход, который включает морфометрические, цитогенетические, молекулярно-филогенетические, биохимические методы исследования. Комплекс полученных данных показал неоднородность популяции рода в пределах исследуемой территории. На основе комплекса полученных данных был описан новый вид – *Eranthis tanhoensis*. Дальнейшие исследования позволят изучить гибриды и эволюцию таксонов Сибири и Дальнего Востока России.

**Ключевые слова:** интегративный подход, систематика, морфологический анализ, биохимический анализ, молекулярно-филогенетический анализ, цитогенетический анализ, размер генома, Ranunculaceae Juss., *Eranthis*.

## How many species of *Eranthis* (Ranunculaceae) are there in Siberia and Far East part of Russia? An integrative taxonomic approach

A.S. Erst<sup>1,2</sup>, E.Yu. Mitrenina<sup>2</sup>, W. Wang<sup>3</sup>, M.V. Skaptsov<sup>4</sup>, V.A. Kostikova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk, Russia; erst\_andrew@yahoo.com, serebryakova-va@yandex.ru

<sup>2</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia; emitrenina@gmail.com

<sup>3</sup> State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China; wangwei1127@ibcas.ac.cn

<sup>4</sup> South-Siberian Botanical Garden, Altai State University, Barnaul, Russia, e-mail: mr.skaptsov@mail.ru

**Abstract:** For Siberian and Far East *Eranthis* systematics and taxonomy problems solving the integrative approach which includes morphometrical, cytological, molecular-phylogenetical and biochemical methods has been applied. Complex obtained data has showed the genus population heterogeneity within the territory under study. Based on integrative taxonomy the new species – *Eranthis tanhoensis* was described. Our further research will allow study hybrids and evolution of Siberian and Far East taxa.

**Key words:** integrative approach, taxonomy, morphological analysis, biochemical analysis, molecular phylogenetical analysis, cytogenetic analysis, genome size, Ranunculaceae Juss., *Eranthis*.

В работе применялся интегративный подход, как наиболее эффективный в таксономических исследованиях, который имеет несколько точек доказательства при идентификации таксонов различного уровня. Для решения вопросов систематики и эволюции были проведены морфометрические, цитогенетические, молекулярно-филогенетические и биохимические исследования (Erst et al. 2020).

**Морфологический анализ** показал, что популяции *Eranthis sibirica* s.l. не однородны в пределах ареала. Исследование 41 морфологической характеристики (качественные и количественные признаки) показало, что этот таксон представлен 2 таксонами (*E. sibirica* s.str., *E. aff. sibirica*, который впоследствии был описан как новый вид *E. tanhoensis* Erst (Erst et al., 2020). Кроме того, в анализ был вовлечен близкородственный вид – *E. stellata*. Базальные и стеблевые листья в роде *Eranthis* претерпевают изменения в фазах цветения и плодоношения. По этой причине длина всех листьев, их сегментов и долей сегментов измеряется в разное время. По направлениям векторов, определяющих градиенты изменения признаков, *Eranthis sibirica* отличается от *E. tanhoensis* более низким значением числа зубцов сегментов стеблевых листьев, шириной стеблевого листа (цветение), числа долей в сегментах стеблевого листа (цветение) и числом лепестков и более высокой значимостью максимального рассечения сегментов базального листа (во время цветения) и числа зубцов сегментов стеблевых листьев (плодоношение), шириной сегментов стеблевых листьев (плодоношение), длиной сегментов стеблевых листьев и их числом, но в большей степени виды отличаются по длине листовок и стилодиев (плодоношение). *Eranthis sibirica* отличается от *E. stellata* более высокими показателями длины стеблевого листа (во время цветения), длины и ширины чашелистиков и длины лепестков, максимальным рассечением сегментов базальных листьев и числом зубчиков на сегментах базальных листьев (плодоношение). Три числовые морфологические характеристики – число зубчиков на

сегментах базальных листьев, ширина базальных и стеблевых листьев надежно отличают новый вид во время плодоношения. Помимо числовых параметров новый вид также отличается качественными характеристиками лепестков, листьев и нектарников.

**Молекулярно-филогенетический анализ** на популяционном уровне позволил описать новый для науки вид – *Eranthis tanhoensis* Erst. Байесовский и Maximum Likelihood анализы комбинированного набора данных нуклеотидных последовательностей ДНК позволили получить очень согласованные топологии видов в филограммах. Новый вид *Eranthis tanhoensis* и *E. sibirica* образовали кладу, родственную *Eranthis pinnatifida*. Монофилия каждого из видов (*E. tanhoensis*, *E. sibirica* и *E. stellata*) была высоко поддержана (Erst et al., 2020).

При **изучении кариотипов** трех близких видов *E. stellata*, *E. sibirica* и *E. tanhoensis* установлено их различие по числовым и морфологическим параметрам хромосом. Для изученных популяций *E. stellata* характерно основное число хромосом  $x = 8$  и диплоидный цитотип с пятью парами равноплечих (метацентрических) и тремя парами неравноплечих хромосом, тогда как для 13 изученных нами популяций *E. sibirica* и *E. tanhoensis* основное число хромосом  $x = 7$ . Для *E. sibirica* характерны тетра- и гексаплоидные цитотипы, а *E. tanhoensis* является диплоидным видом. По кариоморфологическим параметрам *E. sibirica* и *E. tanhoensis* схожи, различаясь степенью пloidности, но они четко отличаются от *E. stellata*.

**Относительное содержание ДНК в ядре (C-value)** у представителей из разных популяций *Eranthis stellata*, *E. sibirica* и *E. tanhoensis* было исследовано у более 70 образцов из 15 популяций. Среднее значение относительного содержания ДНК гексаплоидных образцов *Eranthis sibirica* составляет  $2C = 55,33 \pm 0,52$  пг, тетраплоидных  $2C = 38,19 \pm 0,28$  пг. Для *Eranthis tanhoensis* среднее содержание ДНК составило  $2C = 25,02 \pm 0,28$  пг. Среднее содержание ДНК *Eranthis stellata*  $2C = 31,47 \pm 0,46$  пг. Значения уровня  $1Cx$  образцов *Eranthis sibirica* близки и составляют в среднем для тетраплоидов  $1Cx = 9,55 \pm 0,14$  пг, гексаплоидов  $1Cx = 9,25 \pm 0,20$  пг, тогда как для *Eranthis tanhoensis* уровень  $1Cx = 12,49 \pm 0,16$  пг. Для *Eranthis stellata*  $1Cx = 15,77 \pm 0,20$  пг. Согласно данным проточной цитометрии, вариации уровней  $1Cx$  между диплоидными образцами *Eranthis tanhoensis*, гексаплоидами и тетраплоидами *Eranthis sibirica* соответствуют теории даунсайзинга генома, характерного при полиплоидизации цветковых растений (Leitch, Bennett, 2004).

**Анализ фенольных соединений** исследуемых видов методом главных компонент показал, что они различаются. Выявлены специфичные вещества, по которым можно отличить исследуемые таксоны. Маркерными соединениями для исследуемых видов рода *Eranthis* являются флавоны, оксикоричные и оксibenзойные кислоты. Также анализ показал, что наиболее близки по вторичному метаболизму виды *E. sibirica* и *E. tanhoensis*, в то время как *E. stellata* хорошо отличается от каждого из них. По составу фенольных соединений растения, собранные в фазе цветения, не отличаются от растений, собранных в фазе плодоношения.

В результате комплексного исследования выяснено, что на территории Сибири и Дальнего Востока России встречаются три вида *Eranthis* – *E. stellata*, *E. sibirica* и недавно описанный *E. tanhoensis*. Помимо этого, по предварительным данным, встречаются гибриды, исследованию которых будет посвящена отдельная статья.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-74-10082).*

#### ЛИТЕРАТУРА

Erst A.S. et al. An integrative taxonomic approach reveals a new species of *Eranthis* (Ranunculaceae) in North Asia // *PhytoKeys*. 2020. Vol. 140. P. 75–100.

# Phylogenetic systematics and biogeography of *Coptis* (Ranunculaceae), an eastern Asian and North American genus

K.-L. Xiang<sup>1</sup>, A.S. Erst<sup>2,3</sup>, T.V. Erst<sup>3,4</sup>, W. Wang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> State Key Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China; xiangkunli@ibcas.ac.cn, wangwei1127@ibcas.ac.cn

<sup>2</sup> Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk, Russia; erst\_andrew@yahoo.com, tatiana\_erst@yahoo.com

<sup>3</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russia; erst\_andrew@yahoo.com

<sup>4</sup> Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia; tatiana\_erst@yahoo.com

**Abstract.** The goldthread genus *Coptis* includes 15 species disjunctly distributed in eastern Asia and North America. Here, we provide a dated phylogeny for the genus with all 15 species. Our results indicate that *Coptis* contains two strongly supported clades (I and II). Clade I consists of subg. *Coptis* and sect. *Japonocoptis* of subg. *Metacoptis*; clade II composes sect. *Japonocoptis* of subg. *Metacoptis*. Central leaflet base, sepal shape, and petal blade carry a strong phylogenetic signal in *Coptis*, while leaf type, sepal and petal color, and petal shape exhibit relatively higher levels of evolutionary flexibility. Our dating and biogeographic analyses indicate that a vicariance event between Japan-North America occurred in the middle Miocene, resulting in the split of *Coptis* and its sister group. Subsequently, a colonization event occurred at 9.55 Ma from Japan to mainland China. Both vicariance and dispersal events have played important roles in shaping the current distribution and endemism of *Coptis*, likely resulting from eustatic sea-level changes, mountain formation processes and an increasing drier and cooler climate from the middle Miocene onwards.

**Keywords:** ancestral range evolution, climate change, *Coptis*, eastern Asian, monophyly, phylogenetics, Taiwan, western of North America.

## Филогенетическая систематика и биогеография восточноазиатско-североамериканского рода *Coptis* (Ranunculaceae)

К.-Л. Хiang<sup>1</sup>, А.С. Эрст<sup>2,3</sup>, Т.В. Эрст<sup>3,4</sup>, W. Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Государственная лаборатория систематики и эволюционной ботаники Института ботаники Китайской академии наук, Пекин, Китай; xiangkunli@ibcas.ac.cn, wangwei1127@ibcas.ac.cn

<sup>2</sup> Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия; erst\_andrew@yahoo.com, tatiana\_erst@yahoo.com

<sup>3</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия; erst\_andrew@yahoo.com

<sup>4</sup> Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия; tatiana\_erst@yahoo.com

**Аннотация.** Род *Coptis* включает 15 видов, разрозненно распространенных в Восточной Азии и Северной Америке. В статье приведена филогения всех 15 видов рода. Наши результаты показывают, что *Coptis* содержит две высоко поддерживаемые клады (I и II). Клада I включает род *Coptis* и секцию *Japonocoptis* подрода *Metacoptis*; клада II состоит из секции *Japonocoptis* подрода *Metacoptis*. Основание центрального листочка, форма чашелистика и лепестка имеют у *Coptis* сильный филогенетический сигнал, тогда как тип листа, цвет чашелистика и лепестка, а также форма лепестка демонстрируют относительно более высокие уровни эволюционной гибкости. Наши датировки и биогеографические анализы показывают, что событие викарии между Японией и Северной Америкой произошло в среднем миоцене, что привело к разделению рода *Coptis* и его сестринской группы. Впоследствии событие колонизации произошло в 9,55 млн лет назад от Японии до материкового Китая. События как колонизации, так и расселения сыграли важную роль в формировании современного распространения и эндемизма *Coptis*, вероятно, в результате эвстатических изменений уровня моря, процессов горообразования и более сухого и прохладного климата, начиная со среднего миоцена.

**Ключевые слова:** эволюция ареала предков, изменение климата, *Coptis*, Восточная Азия, монофилия, филогенетика, Тайвань, запад Северной Америки.

The goldthread genus *Coptis* (Ranunculaceae) is of pharmaceutical and economical importance and is mainly distributed in the warm temperate to the cold coniferous forests of eastern Asia and North America (Tamura, 1995). Dried rhizomes of *Coptis* plants are utilized for *Rhizoma Coptidis* (RC), a traditional Chinese medicine famous for its functions of clearing heat, dispelling dampness, and purging fire toxins. In marked contrast to the extensive knowledge about the pharmacological properties of *Coptis*, understanding of evolutionary history of the genus is extremely limited. In this study, we first reconstruct a dated phylogeny for *Coptis* based on six DNA markers, using a Bayesian relaxed clock method. Using the resulting dated-phylogenetic framework, we then infer the ancestral range evolution of *Coptis* under the best-fitting biogeographic model.

The dated phylogeny of *Coptis* inferred from the six marker data (cpDNA: *rbcl*, *trnL* intron, *trnL-F* spacers, *trnD-trnT*, and *trnH-psbA*; nrDNA: ITS) is shown in Figure 1. Within *Coptis*, two major clades (I and II) were identified. Clade I consists of subgenus *Coptis* and sect. *Japonocoptis* of subg. *Metacoptis*, supported by sessile central leaflets, elliptic sepals, petals non-concolorous with sepals, and cup-shaped petals.

Clade II consists of sect. *Chrysocoptis* of subg. *Metacoptis*, characterized by petiolate central leaflets, lanceolate to linear sepals, and epeltate petals. Thus, two subgenera of *Coptis* all needs adjustment to attain monophyly.

The split of *Coptis* and *Xanthorhiza* occurred in the middle Miocene (*ca.* 15.47 Ma; node 1). *Coptis* started their diversification in the early late Miocene (*ca.* 9.55 Ma; node 2). A DIVALIKE was found to be the best-fitting model for *Coptis*. Our ancestral range estimation indicate that a late Miocene vicariance event resulted in the eastern Asian and western North American disjunction in the genus (*ca.* 7.78 Ma; node 3), and within eastern Asia, dispersals from mainland Asia to Japan and from Japan to Taiwan occurred at *ca.* 4.85 Ma (node 4) and at *ca.* 1.34 Ma (node 5), respectively.

The eustatic sea-level changes, mountain formation processes and an increasing drier and cooler climate from the middle Miocene onwards might have been responsible for these biogeographic events. This study shed light on the past floristic exchanges between East Asia and North America, as well as within East Asia.

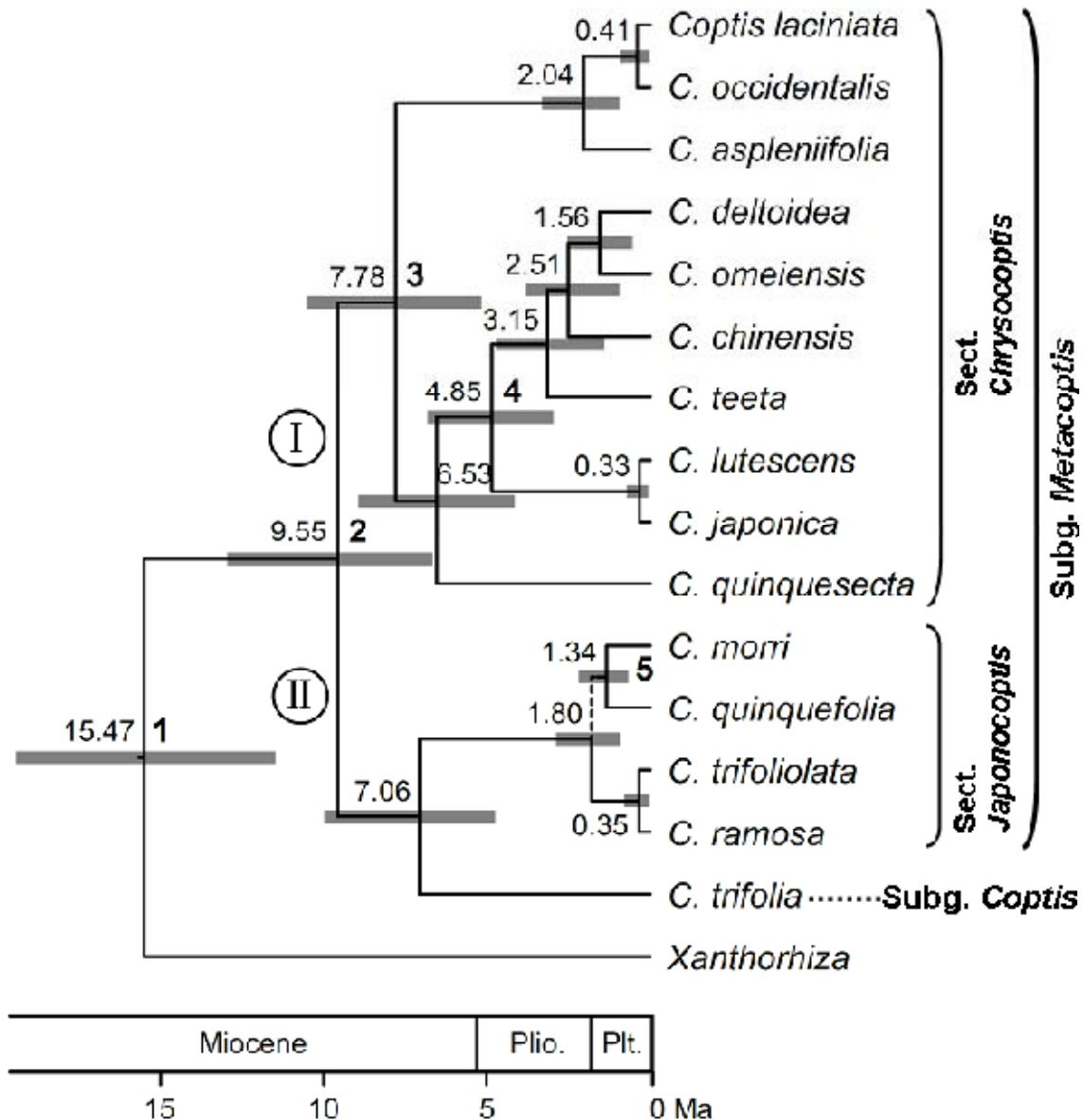


Figure 1. Dated phylogeny of *Coptis* inferred from the six marker data using BEAST  
 Gray bars represent 95 % highest posterior density intervals. Nodes of interests were marked as 1–5 in bold

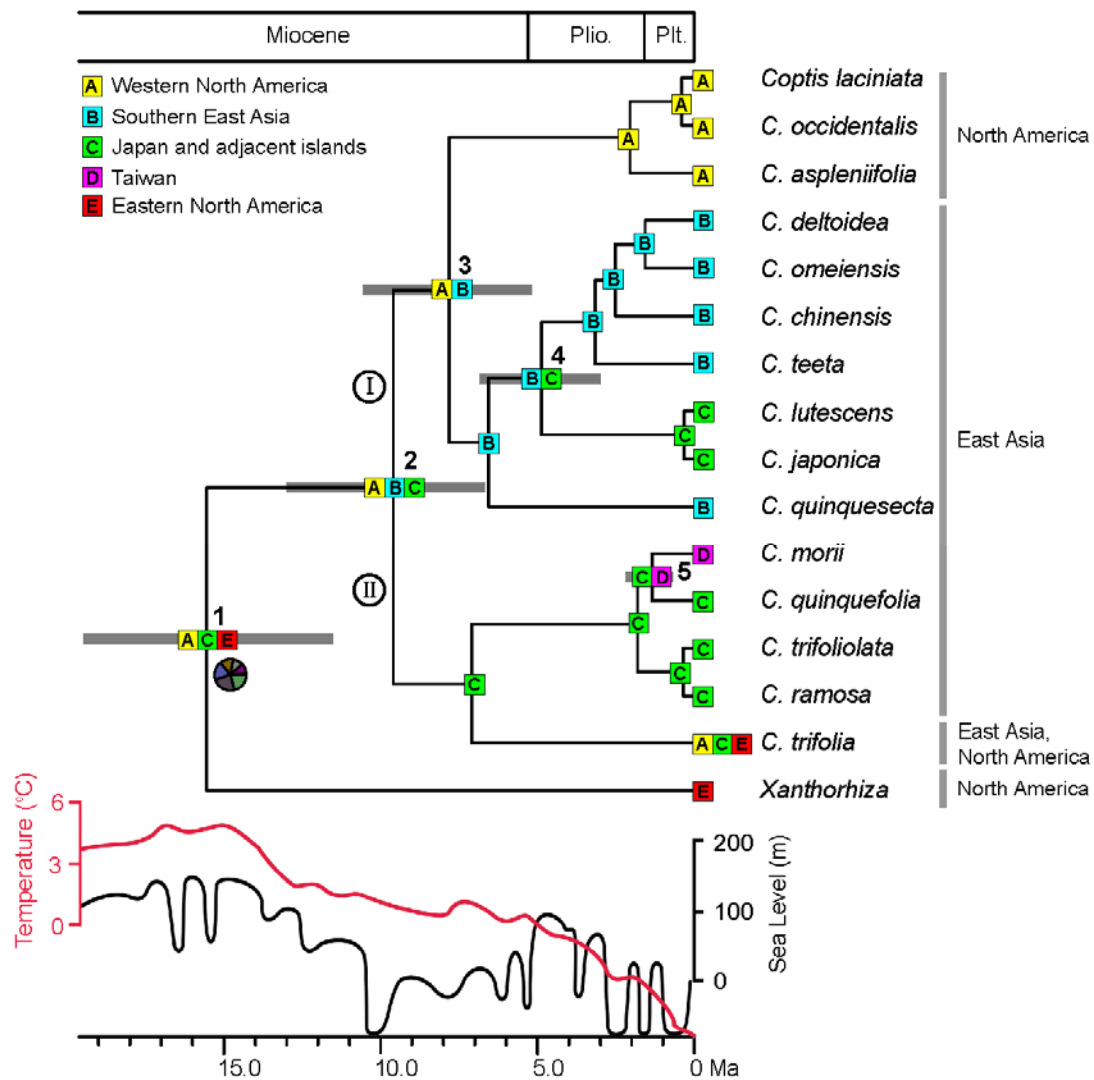


Figure 2. Ancestral range estimation for *Copits* using BioGeoBEARS under the DIVALIKE model

Labeled nodes (1 to 5, as referred to Figure 1), with 95% highest posterior densities (grey bars). The estimated ancestral ranges with the highest ML probability are shown by boxes on each node. A pie is placed in this figure at the root with the highest probability less than 50%. The depictions of temperature (in red) and sea level (in black) changes are modified from Zachos et al. (2001) and Haq et al. (1985), respectively.

*This research was funded by the National Natural Science Foundation of China (No 32011530072) and partially supported by Russian Science Foundation (project No 19-74-10082).*

#### REFERENCES

- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic // *Science*. 1987. Vol. 235, Iss. 4793. P. 1156–1167.
- Tamura M. *Copits* // P. Hiepko, ed. *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. 2nd edn. Vol. 17a IV. Berlin: Duncker and Humblot, 1995. P. 444–449.
- Zachos J., Pagani M., Sloan L., Thomas E., Billups K. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present // *Science*. 2001. Vol. 292, Iss. 686. P. 686–693.

## Именной указатель

Аненхонов О.А.	12	Реут А.А.	106
Анцупова Т.П.,	15, 41	Романец Р.С.	130, 154
Арутюнова Л.Н.	17	Рыжакова Д.Д.	67
Ачимова А.А.	20	Санданов Д.В.	12, 112
Баяхметов Е.Ж.	23	Скапцов М.В.	163
Битуева Э.Б.	15	Солодухина А.Е.	115
Борисова С.З.	47	Стрельникова Т.О.	157
Былич Е.Н.	26	Телеснина В.М.	118
Верещагина А.Б.	29, 35	Тимошок Е.Н.	121
Веклич Т.Н.	64	Угарова С.В.	124
Высоких Т.С.	91	Улько Д.О.	130
Гандрабур Е.С.	29, 35	Филонова М.В.	135
Гаврильева Л.Д.	32	Фролов А.О.	137
Голоков А.С.	38, 94	Хапугин А.А.	70
Гудкова П.Д.	23, 67	Харитонцев Б.С.	140
Гуреева И.И.	5, 130, 150	Хрусталева И.А.	144, 157
Енущенко И.В.	137	Чигодайкина Д.С.	142
Жапова О.И.	41	Чимитов Д.Г.	12
Жмудь Е.В.	20	Шепелева Л.Ф.	147
Зверев А.А.	12	Шереметова С.А.	144, 157
Зверева Г.К.	44	Шефер Н.В.	150
Зоркина Т.М.	61	Шурупов В.С.	154
Иванова Н.С.	47	Шурупова М.Н.	55, 103, 154
Им С.Т.	94	Шушпанов А.С.	38, 94
Кадырова Л.Р.	49	Шумиловских Л.С.	150
Капитонова О.А.	52	Эбель А.Л.	157
Клецкина Т.Ю.	55	Эбель Т.В.	157, 160
Климов А.В.	58	Эрст А.С.	76, 163, 165
Колесниченко Ю.Я.	147	Эрст Т.В.	165
Кононова Н.А.	61	Якшина И.А.	88
Королюк А.Ю.	12	Ямтыров М.Б.	20
Костикова В.А.	64, 163	Nobis M.	23
Кривенко Д.А.	81	Wang W.	163, 165
Крючкова Е.А.	67	Xiang K.-L.	165
Кубан И.Н.	20		
Кузнецов А.А.	130		
Кузьмин И.В.	70		
Куприянов А.Н.	73		
Курбатская Н.В.	5		
Митренина Е.Ю.	76, 135, 163		
Михайлова С.И.	157, 160		
Могылда А.А.	78		
Мурашко В.В.	81		
Найданов Б.Б.	12		
Николин Е.Г.	88		
Ножинков А.Е.	144		
Оганджаниян А.А.	17		
Олонова М.В.	91		
Петров И.А.	38, 94		
Полянская Д.Ю.	97		
Поспелов И.Н.	100		
Поспелова Е.Б.	100		
Постникова М.Е.	103		
Пятина И.С.	106		
Прохоренко Н.Б.	49		
Прошкин Б.В.	58		
Райская Ю.Г.	109		
Ревушкин А.С.	142		



## Содержание

<b>Гуреева И.И., Курбатская Н.В.</b> Коллекторы флоры Сибири: к 135-летию основания Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета .....	5
<b>Аненхонов О.А., Санданов Д.В., А.А. Зверев, Королюк А.Ю., Найданов Б.Б., Чимитов Д.Г.</b> Пространственно-временная дифференциация температуры почв и ее влияние на растительность в экспозиционной лесостепи Забайкалья .....	12
<b>Анцупова Т.П., Битуева Э.Б.</b> Фитохимическое изучение пастбищных растений Северной Монголии .....	15
<b>Арутюнова Л.Н., Оганджян А.А.</b> Состояние популяций наиболее редких охраняемых сосудистых растений заказника «Стрижамент» (Ставропольский край) .....	17
<b>Ачимова А.А., Жмудь Е.В., Кубан И.Н. Ямтыров М.Б.</b> Исследование редких и исчезающих видов растений в ботанических садах: традиционные и современные подходы .....	20
<b>Баяхметов Е.Ж., Гудкова П.Д., Nobis M.</b> Применение интегративной таксономии как инструмента для выявления событий гибридизации в роде <i>Stipa</i> (Poaceae) .....	23
<b>Былич Е.Н.</b> Полевая оценка мутантных линий кукурузы на устойчивость к основным болезням .....	26
<b>Верещагина А.Б., Гандрабур Е.С.</b> Параметры развития весенних и летних морф <i>Metopolophium dirhodum</i> Walk. (Homoptera, Sternorrhyncha, Aphididae) при сезонной смене хозяев в растительных сообществах .....	29
<b>Гаврильева Л.Д.</b> Динамика видового состава растительности аласов при демутации .....	32
<b>Гандрабур Е.С., Верещагина А.Б.</b> Закономерности сопряженности развития <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) (Homoptera, Sternorrhyncha, Aphididae) с первичными и вторичными растениями-хозяевами .....	35
<b>Голюков А.С., Шушпанов А.С., Петров И.А.</b> Пространственно-временная динамика верхней границы леса в горах Южной Сибири .....	38
<b>Жапова О.И. Анцупова Т.П.</b> Сравнительная характеристика анатомического строения листьев <i>Allium bidentatum</i> и <i>A. polyrrhizum</i> .....	41
<b>Зверева Г.К.</b> Структура мезофилла хвои у видов семейства Pinaceae с плоскими листьями .....	44
<b>Иванова Н.С., Борисова С.З.</b> Растительные сообщества Средней Лены, нуждающиеся в охране .....	47
<b>Кадырова Л.Р., Прохоренко Н.Б.</b> Коллекция П.Н. Крылова в Гербарии Казанского университета .....	49
<b>Капитонова О.А.</b> Род пузырчатка ( <i>Utricularia</i> L., Lentibulariaceae Rich.) в Западной Сибири: видовой состав, распространение, особенности экологии .....	52
<b>Клецкина Т.Ю., Шурупова М.Н.</b> Этноботанические исследовательские проекты как форма обучения .....	55
<b>Климов А.В., Прошкин Б.В.</b> Идентификация видов и гибридов <i>Populus</i> L. по признакам петиолярной анатомии .....	58
<b>Кононова Н.А., Зоркина Т.М.</b> Динамика лугово-болотной растительности в результате затопления прибрежной зоны соленого озера Куринка (Койбальская степь, Хакасия) .....	61
<b>Костикова В.А., Веклич Т.Н.</b> Содержание фенолкарбоновых кислот и флавоноидов в листьях и соцветиях <i>Spiraea salicifolia</i> L. (Rosaceae) .....	64
<b>Крючкова Е.А., Рыжакова Д.Д., Гудкова П.Д.</b> Род <i>Festuca</i> L. на территории Алтайского края .....	67
<b>Кузьмин И.В., Хапугин А.А.</b> Схема сеточного картографирования флоры г. Тюмени на примере инвазионного и синантропного видов растений .....	70
<b>Куприянов А.Н.</b> Особенности флоры Казахского мелкосопочника .....	73
<b>Митренина Е.Ю., Эрст А.С.</b> Цитогенетический подход в исследовании Ranunculaceae .....	76
<b>Могылда А.А.</b> Влияние физических мутагенных факторов на некоторые количественные признаки в поколении M2 <i>Sesamum indicum</i> L. .....	78
<b>Мурашко В.В., Кривенко Д.А.</b> Реконструкция родового ареала <i>Cicer</i> L. (Leguminosae) .....	81
<b>Николин Е.Г., Якшина И.А.</b> Находки новых видов сосудистых растений в пос. Тикси (Арктическая Якутия) .....	88
<b>Олонова М.В., Высоких Т.С.</b> Некоторые итоги изучения мятликов ( <i>Poa</i> L.) секции <i>Stenopoa</i> Dumort. на территории внетропической Азии .....	91

<b>Петров И.А., Шушпанов А.С., Им С.Т., Голюков А.С.</b> Климатический аспект усыхания <i>Abies sibirica</i> Ledeb. в горах Восточного Саяна .....	94
<b>Полянская Д.Ю.</b> Ценопопуляции <i>Calypso bulbosa</i> в национальном парке «Красноярские Столбы» .....	97
<b>Поспелов И.Н., Поспелова Е.Б.</b> Подходы к формированию списка видов северных районов при подготовке нового издания Красной книги Красноярского края (растения) .....	100
<b>Постникова М.Е., Шурупова М.Н.</b> Лекарственные растения Томской области: вопросы экономической ботаники .....	103
<b>Пятина И.С., Реут А.А.</b> Биология некоторых представителей рода <i>Hemerocallis</i> L. при интродукции в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН .....	106
<b>Райская Ю.Г.</b> Некоторые популяционно-биологические характеристики видов рода <i>Cypripedium</i> L. в условиях Южной Эвенкии (заповедник «Тунгусский») .....	109
<b>Санданов Д.В.</b> Использование гербарных данных для изучения экологии, географии и фенологии растений .....	112
<b>Солодوخина А.Е.</b> Флористическая характеристика черноольховых лесов Костанайской области .....	115
<b>Телеснина В.М.</b> Динамика состава и структуры растительности в ходе демутационной сукцессии (Костромская область) .....	118
<b>Тимошок Е.Н.</b> Особенности формирования и функционирования высокогорных лесов Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай) .....	121
<b>Угарова С.В.</b> Культура баклажана ( <i>Solanum melongena</i> L.) в Сибири .....	124
<b>Улько Д.О., Гуреева И.И., Романец Р.С., Кузнецов А.А.</b> Молекулярно-филогенетический анализ семейства Cystopteridaceae Северной Азии на основе локусов хлоропластной ДНК .....	130
<b>Филонова М.В., Митренина Е.Ю.</b> Получение каллусной культуры эндемичного вида <i>Eranthis tanhoensis</i> (Ranunculaceae) .....	135
<b>Фролов А.О., Енущенко И.В.</b> Первая находка листьев покрытосеменного растения в среднеюрских отложениях Восточной Сибири .....	137
<b>Харитонцев Б.С.</b> Флорогенетическое значение гибридов .....	140
<b>Чигодайкина Д.С., Ревушкин А.С.</b> Таксономия и география полыней ( <i>Artemisia</i> L.) Южной Сибири .....	142
<b>Шереметова С.А., Хрусталева И.А., Ножинков А.Е.</b> Состояние и перспективы развития гербария Кузбасского ботанического сада (КУЗ) .....	144
<b>Шепелева Л.Ф., Колесниченко Ю.Я.</b> Оценка состояния луговых ресурсов поймы Оби по вегетационному индексу NDVI .....	147
<b>Шефер Н.В., Шумиловских Л.С., Гуреева И.И.</b> Субрецентные палиноспектры ландшафтов Ямало-Ненецкого автономного округа .....	150
<b>Шурупова М.Н., Шурупов В.С., Романец Р.С.</b> К исследованию ресурсов растений семейства Rosaceae с противовирусной активностью в Южной Сибири .....	154
<b>Эбель А.Л., Шереметова С.А., Хрусталева И.А., Стрельникова Т.О., Михайлова С.И., Эбель Т.В.</b> К изучению чужеродных видов во флоре Хакасии .....	157
<b>Эбель Т.В., Михайлова С.И.</b> Идентификация ярутки полевой ( <i>Thlaspi arvense</i> L., Brassicaceae) – регулируемого странами-импортерами вида сорных растений .....	160
<b>Эрст А.С., Митренина Е.Ю., Wang W., Скапцов М.В., Костикова В.А.</b> Сколько видов рода <i>Eranthis</i> (Ranunculaceae) в Сибири и на Дальнем Востоке России? Интегративный таксономический подход .....	163
<b>Xiang K.-L., Эрст А.С., Эрст Т.В., Wang W.</b> Филогенетическая систематика и биогеография восточноазиатско-североамериканского рода <i>Coptis</i> (Ranunculaceae) .....	165
<b>Именной указатель</b> .....	168

## Contents

<b>Gureyeva I.I., Kurbatskaya N.V.</b> Collectors of P.N. Krylov Herbarium: to the 135 anniversary of the Herbarium foundation .....	5
<b>Anenkhonov O.A., Sandanov D.V., Zverev A.A., Korolyuk A.Yu., Naidanov B.B., Chimitov D.G.</b> The spatial-and-temporal differentiation of the soil temperature and its influence on vegetation in the exposure-related forest-steppe of Transbaikalia .....	12
<b>Antsupova T.P., Bitueva E.B.</b> Phytochemical study of pasture plants in Northern Mongolia .....	15
<b>Arutyanova L.N., Ogandzhanian A.A.</b> State of populations of the rarest protected vascular plants of the "Strizhament" (Stavropol Krai) .....	17
<b>Achimova A.A., Zhmud E.V., Kuban I.N., Yamtyrov M.B.</b> The study of rare and endangered species of plants in the Botanical gardens: traditional and modern approaches .....	20
<b>Baiakhmetov E.Zh., Gudkova P.D., Nobis M.</b> Applying integrative taxonomy as a tool for revealing hybridisation events in <i>Stipa</i> (Poaceae) .....	23
<b>Bylici E.N.</b> Field assessment of mutant maize lines for resistance to diseases .....	26
<b>Vereschagina A.B., Gandrabur E.S.</b> Development parameters of spring and summer morphs of <i>Metopolophium dirhodum</i> Walk. (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae) during seasonal change of hosts in plant communities .....	29
<b>Gavrilyeva L.D.</b> Dynamics of species composition of alar vegetation during demutation .....	32
<b>Gandrabur E.S., Vereschagina A.B.</b> Patterns of coordination of the development of (L.) (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae) and its primary and secondary host plants .....	35
<b>Golyukov A.S., Shushpanov A.S., Petrov I.A.</b> Spatial-temporal dynamics of tree line in the Southern Siberia Mountains .....	38
<b>Zhapova O.I., Antsupova T.P.</b> Comparative characteristics of the anatomical structure of leaves of <i>Allium bidentatum</i> and <i>A. polyrrhizum</i> .....	41
<b>Zvereva G.K.</b> The structure of the needles mesophyll in species of the Pinaceae family with flat leaves .....	44
<b>Ivanova N.S., Borisova S.Z.</b> Plant communities of the Middle Lena in need of protection .....	47
<b>Kadyrova L.R., Prokhorenko N.B.</b> P.N. Krylov's collection in Kazan Universities Herbarium .....	49
<b>Kapitonova O.A.</b> Genus bladderwort ( <i>Utricularia</i> L., Lentibulariaceae Rich.) in Western Siberia: species composition, distribution, ecological features .....	52
<b>Kletskina T.Y., Shurupova M.N.</b> Ethnobotanical research projects as a form of education .....	55
<b>Klimov A.V., Proshkin B.V.</b> Identification of species and hybrids of <i>Populus</i> L. according to the signs of petiolar anatomy .....	58
<b>Kononova N.A., Zorkina T.M.</b> Dynamics of meadow-bog vegetation because of flooding of the coastal zone of the salt lake Kurinka (Koybalskay steppe, Khakasia) .....	61
<b>Kostikova V.A., Veklich T.N.</b> Content of flavonoids and phenolcarboxylic acids in leaves and inflorescences of <i>Spiraea salicifolia</i> L. (Rosaceae) .....	64
<b>Kriuchkova E.A., Ryzhakova D.D., Gudkova P.D.</b> Genus <i>Festuca</i> L. in the Altai Territory .....	67
<b>Kuzmin I.V., Khapugin A.A.</b> A grid mapping scheme for the flora of Tyumen city: a case study for an invasive and a synanthropic plant species .....	70
<b>Kupriyanov A.N.</b> Features of the flora of the Kazakh Upland .....	73
<b>Mitrenina E.Yu., Erst A.S.</b> A cytogenetic approach to the study of Ranunculaceae .....	76
<b>Mogilda A.A.</b> The effect of physical mutagenic factors on some quantitative traits in the generation of M2 <i>Sesamum indicum</i> L. ....	78
<b>Murashko V.V., Krivenko D.A.</b> Range reconstruction of the genus <i>Cicer</i> L. (Leguminosae) .....	81
<b>Nikolin E.G., Yakshina I.A.</b> Findings of new vascular plant species in Tiksi settlement (Arctic Yakutia) .....	88
<b>Olonova M.V., Vysokikh T.S.</b> Some results of research of the bluegrasses ( <i>Poa</i> L.) of section <i>Stenopoa</i> Dumort in extratropical Asia .....	91
<b>Petrov I.A., Shushpanov A.S., Im S.T., Golyukov A.S.</b> Climatic aspect of fir ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.) mortality in the Eastern Sayan Mountains .....	94

<b>Polyanskaya D.Yu.</b> Cenopopulations of <i>Calypso bulbosa</i> in the National Park “Krasnoyarskiye Stolby” .....	97
<b>Pospelov I.N., Pospelova E.B.</b> Approaches to formation of northern regions species list for preparing new edition of Krasnoyarsky Region Red Book (plants) .....	100
<b>Postnikova M.E., Shurupova M.N.</b> Medicinal plants of the Tomsk region: questions of economic botany .....	103
<b>Pyatina I.S., Reut A.A.</b> Biology of some representatives of the genus <i>Hemerocallis</i> L. when introduced in the South-Ural Botanical Garden-Institute of UFRC RAS .....	106
<b>Raiskaya Yu.G.</b> Peculiar populational and biological characteristics of species of the genus <i>Cypripedium</i> L. in the conditions of Southern Evenkia (“Tungusky” reserve) .....	109
<b>Sandanov D.V.</b> Application of herbaria data for plant ecology, geography, and phenology .....	112
<b>Solodukhina A.E.</b> Floristic characteristics of the black alder forests in Kostanay region .....	115
<b>Telesnina V.M.</b> Dynamic of vegetation composition and structure due to post-agrogenic succession (Kostroma region) .....	118
<b>Timoshok E.N.</b> Peculiarities of forming and functioning of the high-mountain forests of the Severo-Chuiskiy range (Central Altai) .....	121
<b>Ugarova S.V.</b> Eggplant culture ( <i>Solanum melongena</i> L.) in Siberia .....	124
<b>Ulko D.O., Gureyeva I.I., Romanets R.S., Kuznetsov A.A.</b> Molecular-phylogenetic analysis of the Cystopteridaceae family from North Asia based on plastid DNA loci .....	130
<b>Filonova M.V., Mitrenina E.Yu.</b> Production of the callus culture of the endemic species <i>Eranthis tanhoensis</i> (Ranunculaceae) .....	135
<b>Frolov A.O., Enushchenko I.V.</b> The first discovery leaves of angiosperms in the Middle Jurassic deposits in Eastern Siberia .....	137
<b>Kharitontsev B.S.</b> Florogenesis value of hybrids .....	140
<b>Chigodaykina D.S., Revushkin A.S.</b> Taxonomy and geography of wormwoods ( <i>Artemisia</i> L.) in Southern Siberia .....	142
<b>Sheremetova S.A., Khrustaleva I.A., Nozhinkov A.E.</b> State and prospects of development of the Herbarium of the Kuzbass Botanical garden (KUZ) .....	144
<b>Shepeleva L.F., Kolesnichenko Yu.Ya.</b> Assessment of the state of meadow resources of the Ob floodplain by the vegetation index NDVI .....	147
<b>Shefer N.V., Shumilovskikh L.S., Gureyeva I.I.</b> Sub-recent palynological spectra of landscapes of the Yamalo-Nenets Autonomous Area, Russia .....	150
<b>Shurupova M.N., Shurupov V.S., Romanets R.S.</b> To the study of resources of plants of the Rosaceae family with antiviral activity in Southern Siberia .....	154
<b>Ebel A.L., Sheremetova S.A., Khrustaleva I.A., Strelnikova T.O., Mikhailova S.I., Ebel T.V.</b> To the study of alien species in the flora of Khakassia .....	157
<b>Ebel T.V., Mikhailova S.I.</b> Identification of field pennycress ( <i>Thlaspi arvense</i> L., Brassicaceae) – a species of weeds regulated by importing countries .....	160
<b>Erst A.S., Mitrenina E.Yu., Wang W., Skaptsov M.V., Kostikova V.A.</b> How many species of <i>Eranthis</i> (Ranunculaceae) are there in Siberia and Far East part of Russia? An integrative taxonomic approach .....	163
<b>Xiang K.-L., Erst A.S., Erst T.V., Wang W.</b> Phylogenetic systematics and biogeography of <i>Coptis</i> (Ranunculaceae), an eastern Asian and North American genus .....	165
<b>Name index</b> .....	168

*Научное издание*

**Проблемы изучения  
растительного покрова Сибири**

Труды VII Международной научной конференции,  
посвященной 135-летию Гербария им. П.Н. Крылова  
Томского государственного университета  
и 170-летию со дня рождения П.Н. Крылова

*Издание подготовлено в авторской редакции*

Оригинал-макет А.И. Лелююр  
Дизайн обложки Л.Д. Кривцовой

Подписано в печать 27.09.2020 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Печ. л. 21,7. Усл. печ. л. 20,2. Гарнитура Times.  
Тираж 500 экз. Заказ № .

Отпечатано на полиграфическом оборудовании  
Издательства ТГУ  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.  
Телефоны: 8(382-2)–52-98-49; 8(382-2)–52-96-75  
Сайт: <http://publish.tsu.ru> E-mail: [rio.tsu@mail.ru](mailto:rio.tsu@mail.ru)

ISBN 978-5-94621-927-3

